

NoMa-hanke: Luonnonkuitujen 3D-tulostamisen mahdollisuuksia

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Muotoilun ja Media-alan
YAMK
Opinnäytetyö
13.8.2016
Siipola Ville

TIIVISTELMÄ

3D-tulostusala on nopeasti kehittyvä ala. Sen ennustetaan kasvavan nopeasti, yksinkertaisten kotitulostimien halpenemisen ja teollisuuden sovellusten lisääntymisen myötä. Tiedon digitalisoitumisen ja palvelujen kehittymisen myötä 3D-tulostaminen sekä 3D-tulostettujen tavaroiden hankinta sekä kustomointi omien tarpeiden mukaan helpottuu alasta ja tekniikoista perehtymättömillekin.

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää TEKES:n vuosina 2015-2017 rahoittamassa, NoMa-hankkeessa tutkittavien luonnonkuitujen 3D-tulostamisen mahdollisuuksia 3D-tulostustekniikoiden, materiaalikehityksen, digitaalisen toimintaympäristön sekä niiden ympärille kehittyvän liiketoiminnan brändäämisen näkökulmista.

Luonnonkuitupohjaiset biokomposiitit ovat yksi kehittyvä osa-alue 3D-tulostusmateriaaleissa. Luonnonkuiduilla on mahdollista saavuttaa jäykkyyttä materiaaliin sekä luonnonmateriaalin, kuten puun kaltainen ulkonäkö ja tuntu valmistettavaan kappaleeseen, riippuen komposiittiin lisättävästä kuidusta ja määrästä. Yleisimmin 3D-tulostusmateriaaleissa käytetyt sideaineet ovat joko öljypohjaisia tai kasvipohjaisia polymeerejä. Luonnonkuitujen avulla on mahdollista parantaa kasvipohjaisten sideaineiden maatumista sekä vähentää öljypohjaisten sideaineiden kulutusta käyttämällä luonnonkuituja täyteaineena. Kiertotalouden kannalta luonnonkuitupohjaiset biokomposiitit ovat tällä hetkellä ongelmallisia, sillä luonnonkuidut vaikeuttavat uudelleen prosessointia.

Uuden luonnonkuitupohjaisen 3D-tulostusmateriaalin ja sen ympärille rakentuvan liiketoiminnan brändäämistä varten vertailtiin ja analysoitiin markkinoilla jo olevia biokomposiittimateriaalin valmistajia. Yritysten verkkosivustoihin ja sosiaalisen median kanaviin perustuvassa vertailussa havaittiin, että monilla yrityksillä, jotka valmistavat biokomposiittimateriaaleja, ympäristöystävällisyys ja erikoistuminen biomateriaaleihin olivat heikosti esillä brändin visioissa ja arvoissa. Monien vertailtujen yritysten visuaalinen ilme oli suunnattu lähinnä alan ammattilaisille. Luonnonkuitupohjaisten komposiittimateriaalien ympärille kehitettävän liiketoiminnan brändin tulisi viestiä selkeästi ja johdonmukaisesti ympäristömyönteisyydestä sekä olla helposti lähestyttävä jokaiselle.

Asiasanat: 3D-tulostus, Additive Manufacturing, Luonnonkuitu, Biokomposiitti, Brändäys.

59 pages

Autumn 2016

ABSTRACT

3D printing industry is developing fast and is forecasted to grow rapidly due lowering price of simple 3D printers for the home market and the increase of industrial adaptation. The digitalization of information and the development of services are leading to a situation, where 3D printing and acquisition and customization of 3D printed things is getting easier for non-professionals also.

The subject of this thesis was to clarify the potential of 3D printed natural fibers that are studied in TEKES (2015-2017) funded NoMa-project, from the perspective of development of 3D printing, materials, digital operating environment and branding of bio based 3D printing materials and services.

Natural fibre based bio composites are one of the developing sectors in 3D printing materials. Depending on the amount and quality of natural fibres, material strength increase and natural, for example wood like looks are possible to achieve with natural fibres in bio composites. There are many possibilities for bio composite constructions. Most common base materials for composites are either oil based or bio based polymers. Better composting properties are achieved by adding natural fibres to bio based polymer such as polylactic acid. By adding natural fibres to oil based polymers as fillers, it is possible to decrease the use of non-biodegradable materials. In terms of circular economy, bio composites can be problematic, since natural fibres affect negatively to the re-production process.

For branding of new natural fibre based 3D printing material and business based on it, a comparison and analyzation of bio based material brands, that are already in the market, was conducted. Main findings of the comparison were that environmental friendliness and specialization for bio based materials was not very clearly visible in the vision and values of brands. Many of the analysed brands visual image was also pointed mainly for 3D printing professionals. A new brand for natural fibre based material or service should give a clear and consistent message from environment friendliness and it must be easily approachable for everybody.

Key words: 3D printing, Additive Manufacturing, Natural fibre, Bio composite, Branding.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
1.1	NoMa-hanke	1
1.2	Opinnäytetyön tavoite ja raja	2
1.3	Viitekehys	3
2	MENETELMÄT JA ETENEMINEN	5
3	AINETTA LISÄÄVÄT MENETELMÄT	7
3.1	3D-tulostaminen muuttaa maailmaa?	7
3.2	3D tulostustekniikat NoMa-hankkeessa	11
3.2.1	FDM (Fused Deposition Modelling)	11
3.2.2	SLS (Selective Laser Sintering)	12
3.3	NoMa-hankkeessa mukana olevat 3D-tulostusalan yritykset.	12
4	LUONNONKUIDUT 3D-TULOSTUS MATERIAALEISSA	14
4.1	Sideaineet	15
4.1.1	Biohajoavat polymeerit	16
4.1.2	Hajoamattomat polymeerit	17
4.2	Kuituvaihtoehtoja NoMa-hankkeessa	17
4.3	Saavutettavat ominaisuudet	19
4.4	Biokomposiittien kierrätys	21
5	3D-TULOSTAMISEN MAHDOLLISUUKSIA TYÖPAJATOIMINNALLA	23
5.1	Työpajatyöskentelyn suunnittelu	23
5.1.1	Työpajojen rakenne	24
5.2	Työpajojen tulokset	26
5.3	Pohdinta työpajojen tuloksista.	32
6	DIGITAALINEN TOIMINTAYMPÄRISTÖ	34
6.1	Digitaalinen toimintaympäristö avaa uusia mahdollisuuksia	34
6.2	Ideasta tuotteeksi	37
6.2.1	Digitaalinen malli	38
6.2.2	Kustomointi	39
6.2.3	3D-tulostaminen	40

7	3D TULOSETTAVAN LUONNONKUITUMATERIAALIN JA PALVELUN BRÄNDÄÄMINEN	42
7.1	Olemassa olevien brändien vertailu	42
7.2	Vertailtavat brändit yleisesti	44
7.3	Vertailtavien brändien benchmarking	45
7.4	Brändäyssuunnitelma 3D-tulostettavalle luonnonkuitumateriaalille	46
7.5	Brändin ydin	47
7.6	Brändäyssuunnitelman tarkennus	48
7.7	Palvelun brändääminen.	49
8	YHTEENVETO	52
8.1	AM-teknologia ja digitaaliset palvelut	52
8.2	Luonnonkuitumateriaalit 3D-tulostuksessa	53
8.3	3D-tulostetun luonnonkuitumateriaalin ympärille rakentuvan palvelun kokonaisuus.	54
8.4	Pohdinta opinnäytetyön prosessista	56
	LÄHTEET	58

1 JOHDANTO

3D-tulostamisen tekniikat kehittyvät tällä hetkellä todella nopeasti ja ala raivaa tietään, niin teollisen tuotannon välineinä, kuin jokaiselle mahdollisina kotitulostimina. 3D-mallinnus ja -tulostustekniikat avaavat kehittyessään ovia uudentlaisille toimintaympäristöille ja palveluille. Personoidut tuotteet, massatuotettujen tuotteiden kustannukset ja kevyemmät ja monimutkaisemmat rakenteet ovat 3D-tulostamisen kehittyviä ominaisuuksia, joiden hyödyntämisestä teollisuuden toimijat ja palveluntarjoajat kilpailevat. Tulostusmateriaalien kirjo laajenee myös kovaa vauhtia. Muovit, metallit, elävät solut ja erilaiset komposiittimateriaalit ovat esimerkkejä 3D-tulostamisen materiaalikirjosta.

Komposiittimateriaaleissa biokomposiitit, eli materiaalit, jotka ovat kokonaan tai osittain biohajoavia, ovat yksi kehittyvä ryhmä. Mielikuva biokomposiittimateriaalien ympäristöystävällisyydestä ja mahdollisesti paremmista teknisistä ominaisuuksista tekevät niistä mielenkiintoisen aiheen opinnäytetyölle.

1.1 NoMa-hanke

Opinnäytetyö on tehty innovaatorahoituskeskus TEKES:n rahoittamalle Lahden Ammattikorkeakoulun (LAMK) ja Teknologian tutkimuskeskus VTT:n Novel structural materials with multi-scale fibre components, (NoMa) hankkeelle. VTT kehittää NoMA-hankkeessa yhteistyöyritysten tarpeiden perusteella biokomposiitteihin ja paksuihin kuituvaahtorakenteisiin uusia ominaisuuksia pitkien luonnonkuitujen, hienoaineen, nanokuitujen ja polymeerien optimaalisella yhdistämisellä. LAMK on mukana tuomassa muotoilunäkökulmaa uusien tuotteiden suunnitteluun. Projektissa on mukana kaksi 3D-tulostusalan yritystä 3DTECH Oy ja 3DFORMTECH Oy. (VTT, 2016.)

1.2 Opinnäytetyön tavoite ja rajaus

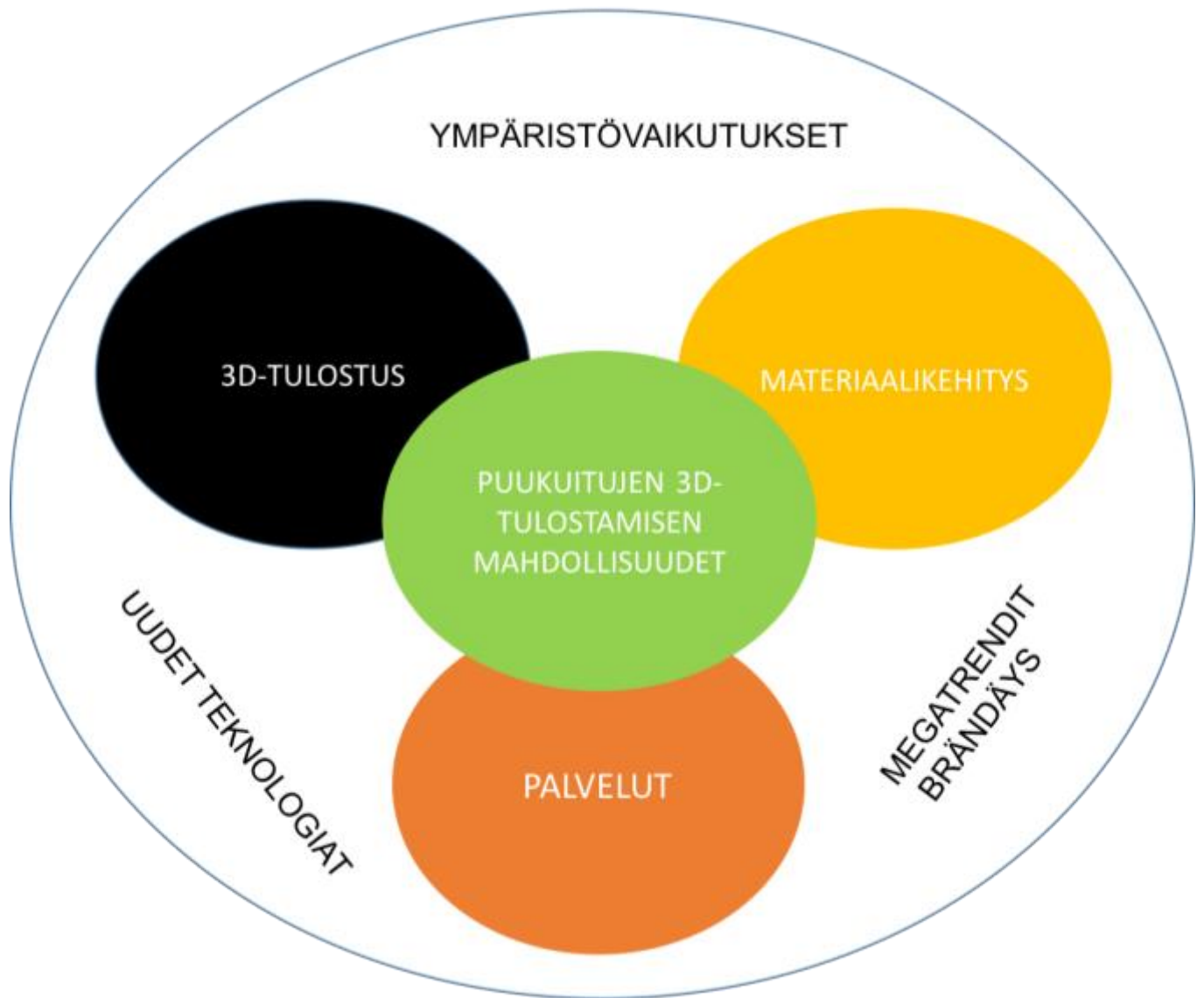
Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää luonnonkuituvahvisteisten 3D-tulostusmateriaalien muotoilullisia mahdollisuuksia materiaalin teknisten ominaisuuksien kannalta, sekä 3D-teknologian digitaalisen toimintaympäristön tuomia mahdollisuuksia uusien palveluiden kehittämiseksi. Lisäksi opinnäytetyössä analysoidaan biopohjaisiin 3D-tulostusmateriaaleihin perustuvan liiketoiminnan brändin kehittämistä vertailemalla ja analysoimalla markkinoilla jo olevia biohajoavia tulostusmateriaaleja valmistavia brändejä. Tulostusmateriaalin osalta työn tavoitteena on selvittää NoMa-hankkeessa tutkittavien luonnonkuituvahvisteisten, tulostukseen kehitteillä olevien materiaalien teknisiä ominaisuuksia, mahdollisia tuotesovelluksia sekä materiaalin kiertotaloudellisia mahdollisuuksia.

3D-tulostaminen uudenaikaisena tapana ajatella tuotteiden valmistusta ja biopohjaiset materiaalit loivat minulle muotoilijana kuvan kestävästä kehityksen mukaisesta toiminnasta. Materiaalia lisäävä teknologia vähentää materiaalin kulutusta perinteisiin valmistusmenetelmiin, kuten ruiskupuristamiseen ja materiaalia poistaviin menetelmiin verrattuna, koska 3D-tulostamisessa ylijäävää materiaalia syntyy vain vähän tai ei ollenkaan. Materiaalia lisäävä menetelmä mahdollistaa myös kevyempien ja kestävämpien, orgaanisia muotoja jäljittelevien rakenteiden valmistamisen, joka osaltaan vähentää materiaalin kulutusta perinteisiin valmistusmenetelmiin verrattuna. (BSR 2015, 4.) Digitaalinen toimintaympäristö mahdollistaa myös valmistettavien tuotteiden yksittäisen muokkaamisen ja on-demand valmistamisen, jonka vuoksi on mahdollista vähentää varastoimisen ja kuljetuksen kustannuksia. (BSR 2015, 4.) Muotoilija on tärkeässä roolissa uuden tuotteen/palvelun kokonaisvaltaisen kestävyysmuotoutumisessa ja hänellä täytyy olla kokonaiskuva tuotteen valmistuksen toimintaketästä, materiaalin valmistuksesta tuotteen valmistukseen, käyttöön ja hävittämiseen tai kierrätykseen, että hän pystyy luomaan aidosti kestäviä ratkaisuja. (Murray 2013, 5.) Jotta muotoilijana pystyin hahmottamaan uudenlaisen biopohjaisen materiaalin mahdollisuuksia 3D-tulostamisessa, lähdin

selvittämään aihetta tutkimalla ensin 3D-tulostamisen tekniikoita ja kehitystä, sekä alan yleisiä toimintaympäristöjä. 3D-tulostamisen tekniikoiden selvittämisen osalta opinnäytetyössä keskitytään NoMa-hankkeessa mukana olevien yritysten (3DTECH Oy ja 3DFORMTECH Oy) käyttämiin tekniikoihin. Samaan aikaan selvitin biopohjaisten materiaalien kehitystä ja jo markkinoilla olevia sovelluksia.

1.3 Viitekehys

Opinnäytetyön viitekehyksessä (kuva 1) näkyy, miten on tarkoitus hahmottaa puukuitujen 3D-tulostamisen mahdollisuuksia 3D-tulostamisen tekniikoiden, materiaalikehityksen ja digitaalisten palvelujen muodostaman kokonaisuuden kautta. Miten 3D-tulostus vaikuttaa tuotteiden suunnitteluun ja valmistukseen? Mitä ominaisuuksia luonnonkuitupohjaisilla materiaaleilla on? Mitä hyötyä puukuitujen lisäämisellä tulostusmateriaaleihin on? Minkälaisia mahdollisuuksia uusilla digitaalisilla palvelumalleilla on luonnonkuitumateriaalien 3D-tulostamisessa?



Kuva 1. Opinnäytetyön viitekehys.

2 MENETELMÄT JA ETENEMINEN

Olen selvittänyt luonnonkuitujen 3D-tulostamisen mahdollisuuksia perehtymällä ensin 3D-tulostusalan kehitykseen ja tekniikoihin. Tein selvityksen etsimällä tietoa alasta kirjallisuuden ja mahdollisimman uusien verkkolähteiden avulla. Koska 3D-tulostusalan kehitys on melko nopeaa, mahdollisimman uusien verkkolähteiden (artikkeleiden ja blogikirjoitusten) avulla pyrin hahmottamaan myös alan tulevaisuuden näkymiä, jotta pystyin selvittämään minkälaisiin sovelluksiin uutta luonnonkuitumateriaalia voisi käyttää 3D-tulostuksessa. Kirjallisuuden ja verkkolähteiden perusteella tehdyn selvityksen lisäksi tein haastattelut molempiin NoMa-hankkeessa mukana oleviin 3D-tulostusyrityksiin. Haastattelujen tavoitteena oli selvittää NoMa-hankkeessa mukana olevien yritysten näkemyksiä 3D-tulostusalan kehityksestä ja tavoitteista biomateriaalien tulostamisesta sekä tutustua heidän käyttämiin 3D-tulostustekniikoihin. Toteutin haastattelut puolistrukturoituina eli teemahaastatteluina, jossa haastattelija (opinnäytetyön tekijä) oli kirjallisuuteen ja verkkolähteisiin tehdyn tutustumisen perusteella laatinut kysymyksiä aiheesta. Teemahaastattelussa haastattelija voi soveltaa ennalta laadittuja kysymyksiä haastattelun kulun mukaisesti, esimerkiksi jättämällä soveltumattomat kysymykset esittämättä tai kysymällä haastattelun kuluessa mieleen tulevia kysymyksiä. (Ojasalo, Moilanen, Ritalahti 2014, 41, 108.)

Luonnonkuitupohjaisten 3D-tulostusmateriaalien ominaisuuksien selvittämiseen käitin suurelta osin VTT:n asiantuntija Kirsi Immoselta saatuja aineistoja. Lisäksi selvitin verkkolähteistä markkinoilla jo olevia 3D-tulostukseen tarkoitettuja biokomposiittimateriaaleja. Saatuihin aineistoihin sekä markkinoilla jo oleviin biokomposiittimateriaaleihin tutustumisen perusteella laadin haastattelut VTT:n asiantuntija Kirsi Immoselle. Haastattelujen tavoitteena oli selvittää biokomposiitteihin saavutettavia fyysisiä ominaisuuksia ja mitä hyötyjä luonnonkuitujen käyttämisellä 3D-tulostamisessa voidaan saavuttaa, sekä miten luonnonkuitujen käyttäminen vaikuttaa 3D-tulostusmateriaalin kierrätysmahdollisuuksiin? Toteutin Kirsi Immosen haastattelun puhelimen välityksellä ja haastattelun

jälkeen peilasin vastauksia saatuihin aineistoihin kokonaisuuden hahmottamiseksi ja uusien kysymyksien laatimiseksi.

Teemahaastattelussa voidaan myöhempien haastattelujen kysymyksiä muokata, jos ilmenee sellaisia asioita joita ei osattu ottaa huomioon.

(Ojasalo, Moilanen, Ritalahti 2014, 41.)

Digitaalisen toimintaympäristön ja brändäämisen selvittämiseen käytin kirjallisia- ja verkkolähteitä. Tarkastelin luonnonkuitupohjaisen 3D-tulostusmateriaalin ja palvelun brändäämistä myös vertailemalla ja analysoimalla benchmarking-menetelmän avulla markkinoilla jo olevia biokomposiitti 3D-tulostusmateriaaleja valmistavia yrityksiä. Benchmarking on tehokas keino mitata ja kehittää tuotteen, yrityksen tai palvelun toimivuutta vertailemalla niitä kilpailijoihin tai alalla vaikuttaviin isoihin tekijöihin. (Niva, Tuominen 2011, 5.)

Saatua kuvaa 3D-tulostusalasta, materiaalikehityksestä sekä digitaalisista palveluista kehitettiin eteenpäin NoMa-hankkeen yhteisessä 3D-tulostukseen perehtyneessä monialaisessa seminaarissa ja työpajatoiminnassa. Seminaarissa ja työpajatoiminnassa oli mukana osallistujia VTT:ltä, Lahden ammattikorkeakoululta sekä NoMa-hankkeen yhteistyöyrityksistä. Työpajatoiminnassa neljä monialaista työryhmää haki aivoriihimenetelmän ja liiketoimintasuunnitelman avulla ideoita ja jatkotutkimuskohteita luonnonkuitujen 3D-tulostamisen mahdollisuuksista ja tulevaisuudesta, muotoilijan roolista 3D-tulostuspohjaisessa tuotannossa sekä kiertotalouden näkökulmista.

3 AINETTA LISÄÄVÄT MENETELMÄT

3D-tulostamiseksi tai AM-tekniikaksi (Additive Manufacturing, AM) kutsutaan valmistustekniikkaa, jossa esine valmistetaan lisäämällä materiaalia kerros kerrokselta tietokoneohjatusti lopullisen muodon saavuttamiseksi. Ainetta lisäävä valmistustekniikka mahdollistaa monimutkaisten rakenteiden valmistamisen, joita ei välttämättä pystyisi toteuttamaan ”tavanomaisilla” valmistusmenetelmillä, kuten ruiskupuristamalla. (Wikipedia 2016.)

Tässä luvussa selvitetään 3D-tulostamisen tekniikoita ja mahdollisuuksia erilaisten tuotteiden valmistuksessa. 3D-tulostamisala kehitty nopeasti tällä hetkellä. Teknologiantutkimus ja konsultointi yritys Gartner, Inc, 2015 laatiman raportin mukaan alan kehityksestä, 3D-tulostukseen käytettävien laitteiden kokonaismäärä yli tuplaantuu vuosittain. Vuonna 2014 laitteita hankittiin yhteensä 106,000 kappaletta ja vuoteen 2019 mennessä Gartner ennustaa vuosittaisen laitehankintojen määrän olevan 5,6 miljoonaa laitetta. Suurimman osan laitemäärien kasvusta Gartner ennustaa tulevan edullisista, alle 2500\$ laitteista, joita hankitaan kotitalouksiin, sekä oppilaitoksiin. (Basiliere 2015.)

3.1 3D-tulostaminen muuttaa maailmaa?

3D-tulostaminen valmistustapana on kehitetty 1980-luvun loppupuolella, jolloin rekisteröitiin ensimmäiset patentit tietokone-ohjattuihin ainetta lisääviin valmistusmenetelmiin. Sen jälkeen ala on kehittynyt nopeasti eteenpäin ja tällä hetkellä eletään aikaa, jolloin 3D-tulostus alkaa tulla osaksi teollista tuotantoa ja kotitulostimet yleistyvät ja halpenevat. Mallinnus- ja tulostusohjelmistojen käyttö helpottuu ja uusia palveluja syntyy jatkuvasti alalle. (Lipson, Kurdman 2013, 7, 13, 46, 91.)

AM-tekniologia antaa muotoilijalle lähes rajattomat mahdollisuudet luoda muotoja, jotka eivät ole olleet mahdollisia valmistaa tavanomaisilla valmistusmenetelmillä, kuten esimerkiksi muottiin valamalla. (Lipson, Kurdman 2013, 13.) AM-tekniologian kehitys materiaalien osalta, on

lähtenyt liikkeelle muovimaisten materiaalien tulostamisesta ja pitkään on käyty keskustelua, tuleeko AM-teknologia koskaan olemaan osa massatuotantoa. Nykyisin, tulostustekniikasta riippuen, materiaaliveitohdot ovat hyvin erilaisia. Metalli, lasi, betoni, elävät solut ja elintarvikkeet ovat muutamia esimerkkejä tulostukseen sopivista materiaaleista. (Lipson, Kurdman 2013, 83.)

Lipson ja Kurdman ovat listanneet teoksessaan *Fabricated: The New World Of 3D Printing* (2013, 20-23), kymmenen periaatetta, jotka heidän kirjaa varten tekemissään haastatteluissa nousivat vahvimmin esille AM-teknologian etuina ja vaikutuksina nyt ja tulevaisuuden tuotannossa.

Ensimmäisen periaatteena Lipson ja Kurdman listaavat, että tavanomaisessa tuotannossa kappaleen muodon monimutkaisuudella on ollut suora vaikutus kappaleen valmistushintaan. 3D-tulostaminen mahdollistaa luonnosta löytyviä muotoja imitoivien monimutkaisten muotojen valmistamisen jotka eivät ole aikaisemmin olleet mahdollisia muuta kuin luonnossa. Muotojen monimutkaisuuden hyväksikäyttö mahdollistaa perinteisin valmistusmenetelmin tehtyjä kokoonpanoja jäykempien ja kevyempien rakenteiden suunnittelun, koska esimerkiksi tukirakenteiden valmistaminen perinteisin menetelmin vaatii monia eri osia, jotka täytyy liittää toisiinsa tarvittavan jäykkyyden saavuttamiseksi. 3D tulostamalla tukirakenteet voi suunnitella suoraan tukea tarvitsevaan kappaleeseen. (Lipson, Kurdman 2013, 20, 21.) Esimerkiksi lentokoneteollisuus on alkanut hyödyntää 3D-tulostamisen avulla tehtyjä rakenteita ja komponentteja lentokoneiden energian kulutuksen ja hyötypainosuhteen optimoimiseksi. Lentokonevalmistaja Airbusin tiedotteen mukaan, he saavuttivat 3D-tulostamalla alumiinisesta satelliitin antennien kiinnitystelineestä 40% jäykemmän ja 35% kevyemmän kuin alkuperäinen teline. Alkuperäinen teline on valmistettu useasta eri osasta. 3D-tulostuksen avulla teline oli mahdollista valmistaa yksiosaisena, jolloin rakenteesta saatiin kevyempi ja tukevampi. (Airbus 2015.)

Toinen periaate on: Variaatiot ovat ilmaisia. Lipsonin ja Kurdmanin mukaan tavanomaisessa tuotannossa tuotteiden tai tuotantoprosessin

muuttaminen on monimutkaista ja prosessin muuttaminen ei ole kannattavaa yksittäisten tai pienten erien kohdalla. 3D-tulostamisessa tuotteen muuttaminen vaatii vain digitaalisen tiedoston muokkaamisen ja laitteet voivat tulostaa yksittäisen erilaisen kappaleen ilman ylimääräisiä taukoja tuotannossa.

Kolmantena periaatteena on kokoonpanon väheneminen. 3D-tulostamalla voi tuottaa valmiiksi toimivia ja vapaasti liikkuvia kokoonpanoja yhdellä tulostuksella. Perinteisin menetelmin valmistettuja kokoonpanoja joissa kappaleiden valmistuksen jälkeen kokoonpanotyö on täytynyt tehdä käsin, on mahdollista korvata kokonaan 3D tulostamalla.

Neljäs periaate koskee varastoimista. 3D tulostamalla on mahdollista vähentää tuotteiden ja osien varastointi- ja logistiikkakuluja. Tuotteet voidaan valmistaa tilauksesta, yksilöllisesti ja paikallisesti. Uudenlaiset liiketoiminnot ja palvelut tulevat mahdollisiksi digitaalisen valmistuksen myötä. Just in Time-tuotantomallin perusperiaatteena on tuotannon tehokkuuden lisääminen vähentämällä tuotannosta syntyvien piilokulujen määrää. (Lai, Cheng 2009, 3.) Tuotannosta syntyvien jätteiden ja osien varastoimiskulujen määrää voidaan vähentää 3D-tulostamisen avulla merkittävästi, koska osat voidaan valmistaa suoraan tuotantolinjalle. (Kylau, Goerlich, Mitchell, 2015.) Tällä hetkellä 3D-tulostuksen rajoituksena on kuitenkin kappaleiden tuottamisen nopeus, joten se ei sovellu suurien (tuhansien kappaleiden) tuotantomäärien tekemiseen. Pienien ja vaativien tuotantoerien valmistuksessa kuten lentokoneteollisuuden tai yksilöllistä muokkaamista vaativissa sovelluksissa, on 3D-tulostuksella saavutettu tehokkuutta. (Kylau, Goerlich, Mitchell, 2015.)

Lipsonin ja Kurdmanin viides periaate on muotoilun rajattomuus. Rajattomuus liittyy jo ensimmäisessä periaatteessa mainittuun perinteisillä menetelmillä valmistettujen muotojen rajoituksiin. 3D-tulostamalla pystyy luomaan muotoja ilman sellaisia rajoituksia joita monissa aiemmissa valmistusmenetelmissä on, esimerkiksi orgaanisten muotojen tai

kappaleen sisään tulevia reikiä ja verkkomaisia rakenteita. (Pîrjan, Petroşanu, 2013.)

Kuudes periaate käsittelee valmistuksen helppoutta. Lipsonin ja Kurdmanin mukaan 3D-tulostaminen vähentää käsityötaitojen tarvetta, koska tuloste syntyy pitkälti digitaalisen tiedoston perusteelta. Lisäksi tulostimen käyttö on helpompaa kuin esimerkiksi ruiskuvalukoneen. Mallinnusohjelmien ja tulostimien käyttäminen helpottuu koko ajan, ja tämä osaltaan avaa ovia uudentlaisille palveluille ja liiketoimille.

Seitsemännen periaatteen mukaan 3D-tulostimien tuottavuus per neliometri on suurempi kuin esimerkiksi ruiskuvalamisessa, koska jos tulostimen tulostuspää voi liikkua vapaasti, tulostin voi tulostaa itseään suurempia esineitä. Tulostimen osat vievät tulostustekniikasta riippuen vähemmän tilaa kuin itse tulostusalue.

Vähemmän jätettä on Lipsonin ja Kurdmanin kahdeksas periaate. Tavanomaiset valmistusmenetelmät kuten koneistaminen ja muottiin valaminen synnyttävät jätettä huomattavasti enemmän kuin 3D-tulostamalla tehdyissä esineissä, koska 3D-tulostaminen on ainetta lisäävä menetelmä jossa esine rakentuu kerros kerrokselta oikeaan muotoonsa.

Yhdeksäs periaate on loputtomat materiaaliyhdistelmät. Monimateriaalitulostuksen kehittyessä on mahdollista saavuttaa materiaaliyhdistelmiä jotka eivät ole mahdollisia tavanomaisilla menetelmillä.

Kymmenes periaate käsittelee tarkkaa kopiointia. 3D-skannaus ja -tulostaminen mahdollistavat fyysisten esineiden tarkan kopioinnin ja siirtelyn paikasta toiseen digitaalisten palvelujen avulla, helpommin kuin koskaan aikaisemmin.

Lipsonin Kurdmanin periaatteiden mukaan 3D-tulostus tulee muuttamaan sitä, miten tavaroita valmistetaan tulevaisuudessa. Tällä hetkellä muun muassa lentokone- ja autoteollisuus sekä lääketiede ovat omaksuneet AM-teknologian osaksi tuotantoprosessejaan. Toisaalta keskustelua

käydään paljon myös siitä, että pystyykö AM-teknologia vastaamaan täysin sille luotuihin odotuksiin. Kehittyvätkö tekniikat niin nopeiksi, että ne voivat korvata tavanomaisia massatuotantomenetelmiä laajemmin tai kehittyvätkö sovellukset ja palvelut niin helpoiksi, että jokainen voi niitä käyttää? (Hall, 2016.)

3.2 3D tulostustekniikat NoMa-hankkeessa

NoMa-hankkeessa on mukana kaksi 3D-tulostusalan yritystä 3DTech Oy ja 3DFormtech Oy. Molempien yritysten pääliiketoimintana on 3D-tulostettujen tuotteiden valmistus, suunnittelu ja konsultointi. 3DTech Oy:n tuotannossa on suurelta osin FDM- (Fused Deposition Modelling) laitteita. 3DFormtech Oy:llä oli käytössään tämän opinnäytetyön tekohetkellä yksi SLS-tulostin (Selective Laser Sintering).

3.2.1 FDM (Fused Deposition Modelling)

FDM-tulostus tai toisilta nimiltään FFF (Fused filament forming) tai 3D-extrusion, on kenties tunnetuin 3D-tulostamisen menetelmä. FDM-tulostamisen tekniikka on kohtalaisen yksinkertainen. Nauhamainen, termoplastinen materiaali puristetaan kuumennetun suuttimen läpi, jota ohjataan tietokoneavusteisesti rakentamaan haluttu muoto. Materiaali jäähtyy nopeasti säilyttäen muodon. (Hausmann, Horne, 2014, 33.)

”Any raw material that can be squeezed through a nozzle can be 3D printed.” (Lipson, Kurdman, 2013.)

FDM-tulostus on tekniikaltaan yksinkertainen ja soveltuu siten helposti myös kotikäyttöön. Markkinoilla on useita laitevalmistajia, jotka ovat keskittyneet kotitulostukseen tarkoitettujen laitteiden valmistukseen ja kehitykseen. Opinnäytetyön tekohetkellä kotitulostuslaitteiden myyntimäärät olivat kasvussa. Teknologian tutkimus- ja konsultointiyritys Gartner Inc:n raportissa ennustetaan maailmanlaajuisen laitemäärien tuplaantuvan vuosittain vuoteen 2019 asti. Näistä laitteista Gartnerin raportin mukaan suurin osa tulee olemaan halpoja aloitustason FDM-tulostimia. Tulostimien myyntimäärien äkillisen kasvun syy Gartnerin

raportin mukaan on laitteiden hankintahinnan lasku, käytön helpottuminen ja koululaitosten laitehankintojen lisääntyminen (Basiliere, 2015).

3.2.2 SLS (Selective Laser Sintering)

SLS (Selective Laser Sintering) on hieman teknisempi menetelmä tehdä 3D-tulostusta. Tässä menetelmässä materiaali on jauheen muodossa ja jauhe kovetetaan lasersäteen avulla, kerros kerrokselta, haluttuun muotoon. SLS-tulostimet ovat melko hintavia ja kooltaan suuria verrattuna FDM-tulostimiin, joten ne soveltuvat paremmin ammattilais- ja teolliseen tulostamiseen, kuin kotitulostamiseen. SLS-tekniikka mahdollistaa monimutkaisten kappaleiden valmistuksen paremmin, kuin FDM-tekniikka, koska tulostusprosessin aikana tulostettava kappale ei tarvitse erillistä tukea, jos siinä on vapaasti liikkuvia osia tai ulokkeita, jotka eivät pysty kannattelemaan itseään tulostamisen aikana. (Sculpteo, 2016.)

3.3 NoMa-hankkeessa mukana olevat 3D-tulostusalan yritykset.

Kehittämistyötä varten tehtiin tutustumisvierailut ja alustavat haastattelut molempiin Noma- hankkeessa mukana olevaan 3D-tulostusyritykseen. Tavoitteena oli tutustua yritysten liiketoimintaan ja hahmottaa 3D-tulostamisen käyttökohteita nyt ja tulevaisuudessa, sekä hahmottaa yritysten odotuksia ja ideoita biomateriaalien tulostamisen mahdollisuuksista. Haastattelut toteutettiin puolistruktuoituina teemahaastatteluna. Puolistruktuoitussa haastattelussa kysymykset ovat laadittu etukäteen ja haastattelija soveltaa niitä tilanteeseen ja keskusteluun sopivalla tavalla. (Ojasalo, Moilanen, Ritalahti, 2014, 107,108.) Kirjasin huomioita ylös keskustelun edetessä ja niiden pohjalta kirjoitin haastattelujen aineiston auki muistiinpanojen omaisiksi muistioksi. Haastattelujen tavoitteena oli hahmottaa aihetta yleisellä tasolla ja avata avoin keskusteluilmapiiri yritysten ja opinnäytetyön tekijän välille.

Haastattelun kysymysrunkoina olivat: Minkälaisia etuja 3D tulostamisella voidaan saavuttaa verrattuna tavanomaiseen valmistukseen? Minkälaisia tavoitteita yrityksellä on biomateriaalien suhteen? Miten 3D tulostaminen

kehittyä tulevaisuudessa ja minkälaisia palveluita biomateriaalien ympärille voisi rakentaa?

3DTech Oy:llä oli haastattelujen tekohetkellä käytössään yhdeksän FDM tulostinta ja kolme skanneria kappaleiden skannausta varten. 3DFormtech Oy:llä oli käytössään yksi SLS tulostin.

Molempien yritysten haastatteluissa 3D-tulostamisen tärkeimpinä etuina verrattuna perinteiseen tuotantoon nousivat muottikustannusten poistuminen, kappaleiden yksilöitävyys sekä kappaleiden optimoiminen lujuuden, painon ja materiaalikulutuksen suhteen. Molempien yritysten liiketoiminta koostuu pääosin pienisarjaisten valmistus tuotteiden valmistuksesta, protojen ja mallikappaleiden valmistuksesta sekä mallinnus ja konsultointipalveluista.

Haastattelujen tekohetkellä yritykset eivät olleet vielä päässeet kokeilemaan NoMa-hankkeessa kehitettävien biomateriaalien tulostamista, joten keskusteltaessa odotuksista biopohjaisten materiaalien käytöstä oli luonnollisesti vaikeaa hahmottaa selkeää tuotealuetta, johon sitä voisi soveltaa. Biomateriaaleilla kuitenkin nähtiin potentiaalia lisätä ympäristöystävällisten ja biohajoavien materiaalien valikoimaa tuotannossa.

Alan kehityksestä molemmilla yrityksillä oli yhtenäinen kuva siitä, että ala tulee kehittymään nopeasti ja palveluiden ja sovellusten kehityksen myötä 3D-tulostaminen tulee lisääntymään huomattavasti tulevaisuudessa. Keskusteltiin myös 3D-tulostamisen siirtymisestä osaksi massatuotantoa, ja mahdollisimman helppokäyttöisen palvelun kehittämisestä, jonka avulla 3D-tulostuspalvelujen käyttäminen tulisi helpommaksi.

Johtuen siitä, että kumpikaan yritys ei ollut haastattelujen tekohetkellä päässyt kokeilemaan biomateriaaleja, keskustelua käytiin hyvin yleisellä tasolla ja välillä keskustelu meni aivoriihen tapaiseksi ideoiden ja ajatusten pallotteluksi, jossa pohdittiin digitaalisen toimintaympäristön ja kustomoitavuuden tuomia mahdollisuuksia tuotteiden yksilöitävyyteen.

4 LUONNONKUIDUT 3D-TULOSTUS MATERIAALEISSA

Biopohjaiset materiaalit 3D-tulostamisessa ovat lisääntyneet tulostustekniikoiden kehittyessä ja tällä hetkellä markkinoilla on jo useita eri vaihtoehtoja biopohjaisille materiaaleille. Puukuidut, kahvi, oluen käymisjäte, korkki ja hamppu ovat jo markkinoilla olevia esimerkkejä biomateriaalin käytöstä tulostusmateriaaleissa. (3DFuel, 2016.) Edellä mainitut biomateriaalit ovat suurimmaksi osaksi kehitetty FDM-tulostusmateriaaleiksi. SLS-menetelmän materiaaleihin on kehitetty lähinnä puukuitupohjaisia materiaaleja. (iMaterialise, 2016.)

NoMa-hankkeessa kehitetään uusia ominaisuuksia 3D-tulostusmateriaaleihin pitkien luonnonkuitujen, hienoaineen, nanokuitujen ja polymeerien yhdistämisellä. (VTT, 2016) Biopohjaisten materiaalien soveltumista 3D-tulostamiseen tutkitaan laajasti ja tutkittavien materiaalien kirjo yltää edellisessä kappaleessa mainituista kotitulostusmateriaaleista lääketieteeseen, elävien solujen tulostamiseen. Tässä luvussa keskitytään hahmottamaan NoMa-hankkeessa tutkittavien, puu- ja hamppukuitupohjaisten materiaalien mahdollisuuksia.

FDM-tulostamiseen valmistettava luonnonkuitupohjainen materiaali on biokomposiitti, eli yhdistelmä materiaaleja, jotka toimivat yhdessä, mutta eivät ole lienneet toisiinsa. Tulostettavat luonnonkuitumateriaalit tarvitsevat perustakseen sideaineen eli matriisin, johon kuitu lisätään. FDM-tulostusmateriaalit ovat yleensä 1,5mm-3mm vahvoja nauhamaisia, muovin kaltaisia materiaaleja, joiden edellytyksenä on, että ne sulavat tietyssä lämpötilassa ennen ruiskuttamista kappaleeseen ja kovettuvat nopeasti ruiskuttamisen jälkeen. (Wikipedia 2016, Colorfabb 2016.)

SLS-tulostusmenetelmässä luonnonkuitumateriaalin periaate on saman kaltainen kuin FDM-tulostamisessa, eli kuitumateriaali lisätään sideaineeseen. SLS-menetelmässä jauhemainen materiaali sulatetaan oikeaan muotoonsa lasersäteiden avulla. Tästä johtuen luonnonkuitujen lisääminen materiaaleihin on lähtökohtaisesti haastavampaa kuin FDM-materiaaleihin. Lasersäde synnyttää korkean lämpötilan, joka voi

vaurioittaa kuituja. Myös paikoilleen sulavan sideainejauheen ja sen sisältämän kuitumaisen aineen sitoutuminen toisiinsa on prosessin aikana haastavaa, mikä voi antaa lopputuloksena melko hauraan materiaalin. (Immonen 2016.)

Markkinoilla on kuitenkin jo luonnonkuitumateriaaleja jotka ovat tarkoitettu SLS-tulostamiseen. Belgialainen Materialise on julkistanut SLS-tulostamiseen tarkoitettua puukuitumateriaalia. Materiaali vaikuttaa kuitenkin melko hauraalta, sillä yritys kehottaa käyttämään vähintään 3mm seinämävahvuutta suunniteltaessa tuotteita kyseiselle materiaalille. Lisäksi käyttökohteiksi yritys listaa lähinnä koriste-esineet. Tämän tarkempia tuoteominaisuuksia yritys ei vielä ole julkistanut koska tuote on vielä testausvaiheessa. Luonnonkuitujen lisäämisessä SLS-materiaaleihin on selkeästi haasteita, mutta Materialise on onnistunut osoittamaan, että luonnonkuitujen käyttäminen SLS tulostamisessa on mahdollista. (Sher, 2016.)

Luonnonkuitujen lisäämisellä biokomposiitteihin voidaan saavuttaa erilaisia ominaisuuksia materiaalille riippuen sideaineesta ja kuitumateriaalin koostumuksesta. Luonnolliset värit, puunkaltainen olemus ja työstettävyys sekä muut luonnollista materiaalia imitoivat ulkonäölliset ominaisuudet ovat mahdollisia saavuttaa helpostikin. (Kälviäinen, 2005.) NoMa-hankkeessa kehitetään uusia ominaisuuksia biokomposiitteihin tutkimalla pitkien luonnonkuitujen, hienoaikkeen ja nanokuitujen vaikutuksia yhdistettynä erilaisiin sideaineisiin. (VTT, 2016.)

4.1 Sideaineet

Vaihtoehtoja 3D-tulostettavan biokomposiitin sideaineiksi on paljon. Tulostusmateriaaleina käytettävien termoplastisten polymeerien kirjo on laaja, ja melkein minkä tahansa niistä tai niiden yhdistelmistä voi valita biokomposiitin sideaineeksi riippuen kehitettävästä ominaisuudesta. Sideaineet voi jakaa karkeasti neljään ryhmään, joista yleisimmät ovat öljypohjaiset hajoamattomat muovit, kuten ABS, polyeteeni (PE) ja polyamidi (PA) jne. Toinen yleisesti 3D-tulostuksessa käytetty ryhmä on

kasvipohjaiset tai uusiutuvista materiaaleista lähtöisin olevat biohajoavat materiaalit kuten polylaktidi (PLA) ja polyhydroxyalkanoaatit (PHA). Kolmas ryhmä on öljypohjaiset biohajoavat materiaalit, joista esimerkkinä polykaprolaktoni (PCL) ja polyglykolihiappo (PGA). Neljäs ryhmä on uusiutuvista raaka-aineista valmistetut biohajoamattomat muovit, kuten biopohjaiset bio-PE, bio-PA jne. (Immonen, 2016.)

4.1.1 Biohajoavat polymeerit

Biohajoavia termoplastisia polymeerejä käytetään jo laajasti FDM tulostuksessa, joista PLA (Polylaktidit) sekä PHA (Polyhydroxyalkanoaatit) ovat eniten käytettyjä materiaaleja. Vaihtoehtoja biohajoaville polymeereille 3D-tulostuksessa riittää ja niitä tutkitaan myös NoMa-hankkeessa. Esimerkiksi Ligniini, selluloosa asetaatit ja tärkkelyspohjaiset polymeerit ovat potentiaalisia vaihtoehtoja yleisimmin käytetyille biohajoaville polymeereille. NoMa-hankkeen yhtenä tavoitteena onkin kehittää puu- ja kuitupohjaisia tulostusmateriaaleja. (Immonen, 2016.)

Biohajoavien polymeerien käytöllä on selkeitä ympäristömyönteisiä etuja verrattuna hajoamattomiin polymeereihin. Ensimmäinen niistä on raaka-aineen uusiutuvuus. Uusiutuvista raaka-aineista valmistettu materiaali vähentää tulostettujen esineiden ympäristötaakkaa, sekä mahdollistaa tulostettujen esineiden maaduttamisen tai kierrättämisen uudelleen käyttöön. Lisäksi biohajoavissa polymeereissä on vähän tai ei ollenkaan ihmisille haitallisia kemikaaleja. Ainoastaan väriaineet, joilla materiaalia värjätään, voivat sisältää myrkyllisiä ainesosia. (Immonen, 2016.) PLA kuitenkin vaatii teollisen kompostoinnin (yli 70c° lämpötilan) maatuakseen, joten joitain rajoitteita on siltikin vaikka materiaali luokitellaan biohajoavaksi. (Bionomicfuel, 2016.) Kiertotalouden kannalta PLA:n käyttö voi olla haastavaa, sillä jätteenkäsittely vaihtelee paikkakuntaakohtaisesti ja jos PLA kierrätetään tavallisten, kierrätettävien muovien mukana, se saattaa vaikeuttaa uudelleentekoprosessia. PHA maatuu PLA:ta paremmin ja sitä markkinoidaan 100% biohajoavaksi, mutta kaupallisissa

sovelluksissa sitä käytetään yleisesti yhdistettynä PLA:n kanssa jäykistämään materiaalia. (Immonen, 2016.)

4.1.2 Hajoamattomat polymeerit

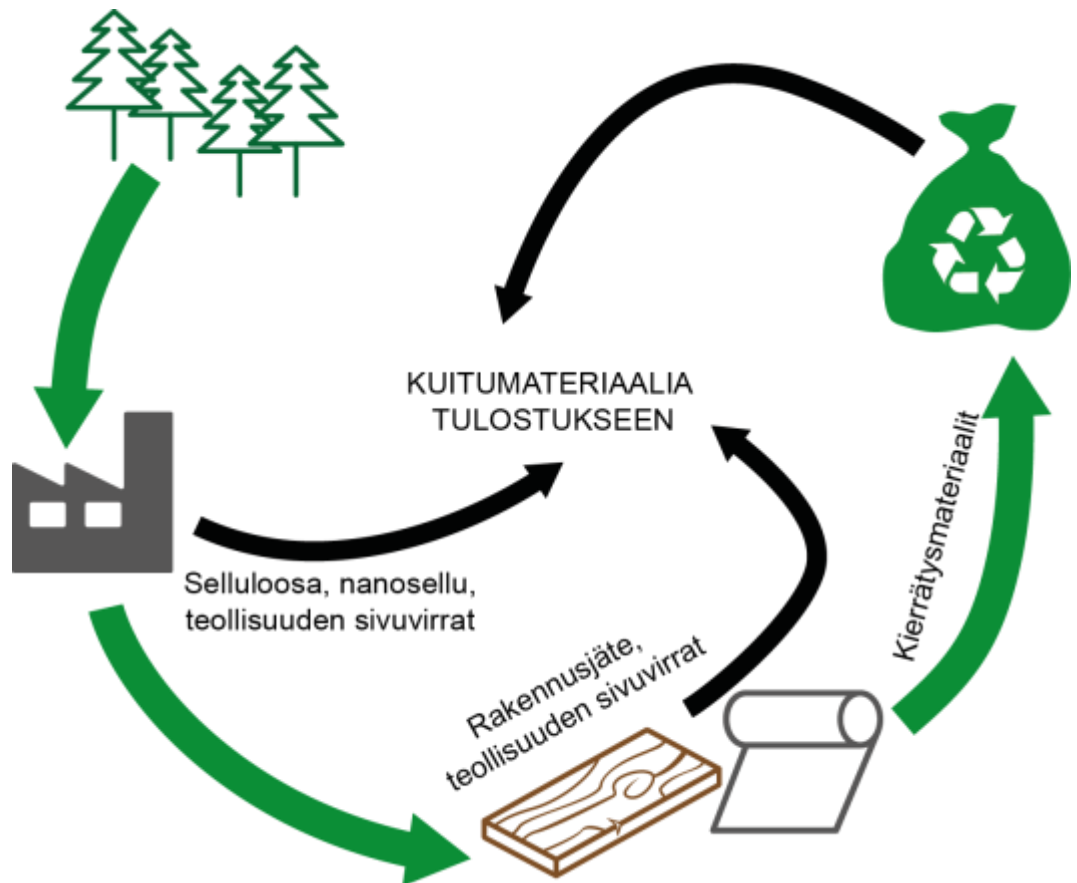
Hajoamattomissa polymeereissä vaihtoehtoja 3D-tulostusmateriaaliksi on myös todella paljon ja niistä löytyy laajemmin vaihtoehtoja ominaisuuksille. Hajoamattomista polymeereistä yleisimmät 3D-tulostamisessa ovat ABS (Akryylinitriilibutadieenistyreeni) ja PA (Polyamidi), jotka ovat erittäin laajasti käytettyjä muoveja. Hajoamattomien polymeerien eduiksi voidaan laskea niiden kierrätettävyyt. Puhtaan materiaalin kierrättäminen ja uudelleen käyttäminen on mahdollista ja kiertotalouden sovelluksia on jo olemassa. Lisäksi esimerkiksi PET (Polyetylenitereftalaatti), jota käytetään muun muassa kierrätettävien virvoitusjuomapullojen ja mukien valmistamiseen, soveltuu myös 3D-tulostuksen materiaaliksi. (Immonen, 2016.) 3D-tulostusmarkkinoilla myydään tee-se-itse laitteita FDM-tulostusmateriaalien valmistamiseen kotitulostusta varten. Perusajatuksena näissä laitteissa on, että pilalle menneet tulosteet, tai jätteeksi muuten menevät muovit voi käyttää uudelleen tulostusmateriaaleina. (Grunewald, 2016.)

4.2 Kuituvaihtoehtoja NoMa-hankkeessa

NoMa-hankkeen yhtenä tavoitteena on hahmottaa luonnonkuitujen lähteitä laajemmin kiertotaloudellisesta näkökulmasta. Metsästä hakattu puu voidaan suoraan jalostaa kuiduksi, selluloosaksi ja nanoselluksi, mutta materiaalia on mahdollista tuottaa myös kuidunjalostuksen eri vaiheista tuotannon sivuvirtoja ja jätteitä hyödyntäen. Monissa markkinoilla jo olevissa luonnonkuitukomposiitti-materiaaleissa käytetään puuteollisuuden sivuvirtoja kuten hienojakoista sahajauhoa. (Immonen, 2016.)

Materiaalilta haluttavat ominaisuudet määrittelevät, mistä käytettävä kuitu voidaan hankkia. Teknisemmät sovellukset, kuten nanosellu ja pidemmälle viety sellukuidun jalostus, vaativat puhtaan raaka-aineen, kun taas hienoaineena sideaineeseen sekoitettu kuitu voi olla peräisin

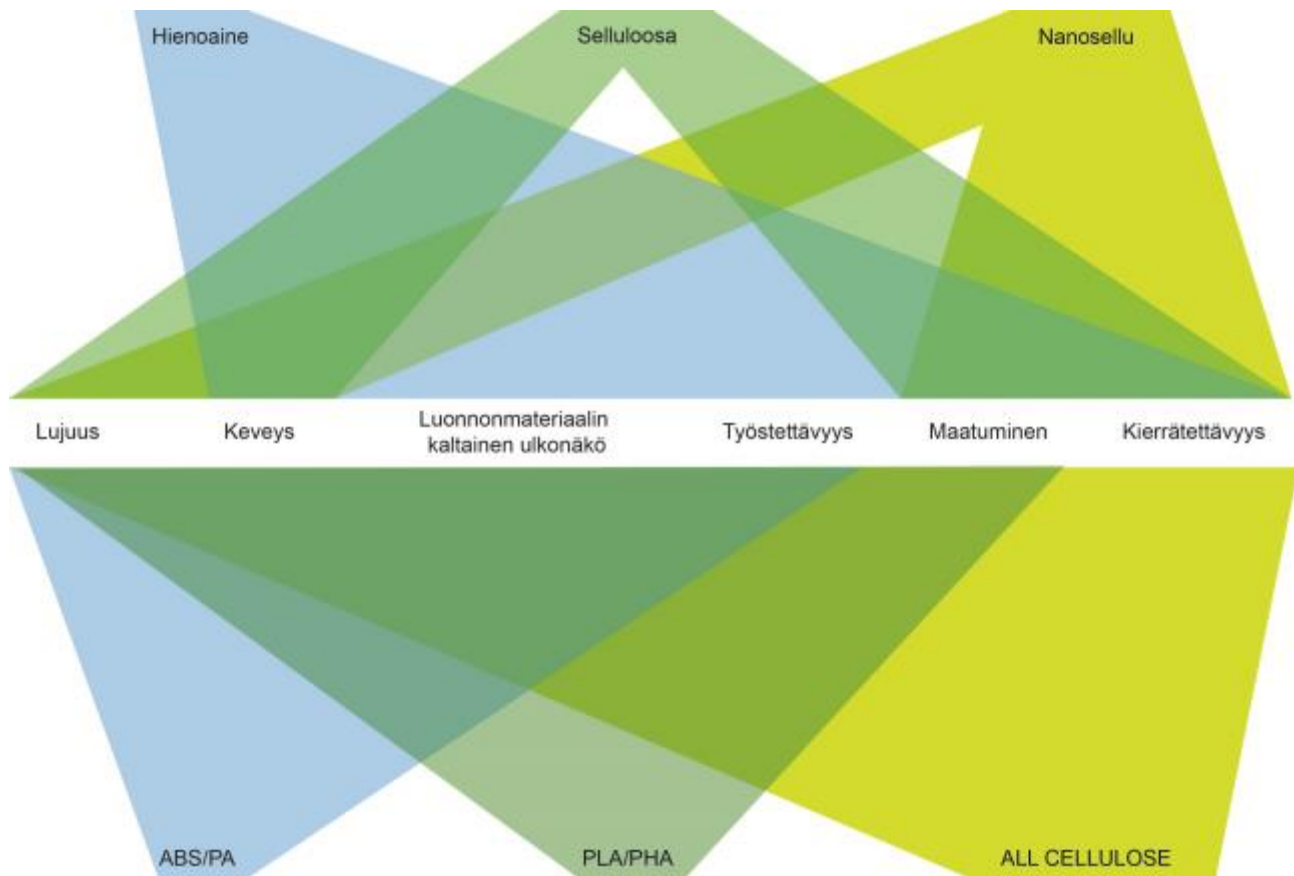
kierrätyspaperista tai tuotannon sivuvirroista. Kuvassa 2 (Kuva2) on hahmoteltu luonnonkuitujen mahdollisia reittejä 3D-tulostusmateriaaleiksi.



Kuva 2. Luonnonkuitujen reittejä 3D tulostusmateriaaleiksi.

4.3 Saavutettavat ominaisuudet

Luonnonkuitujen lisäämisellä tulostusmateriaaliin voidaan saavuttaa hyvin erilaisia ominaisuuksia materiaalille. Kaaviossa 1 on hahmoteltu erilaisten kuituvaihtoehtojen ja sideaineiden keskinäisiä vaikutuksia materiaalin ominaisuuksiin. Kaavio 1 ei ole kattava esitys eri vaihtoehdoista koska kuitumateriaalien ja sideaineiden variaatiolla vaihtoehtojen määrä kasvaa eksponentiaalisesti, vaan kaavion tarkoitus on näyttää miten erilaiset vaihtoehdot voivat vaikuttaa materiaalin ominaisuuksiin, jotta voidaan alkaa pohtia materiaalille mahdollisia sovelluksia. Riippuen kehitettävästä ominaisuudesta erilaisten kuituvaihtoehtojen ja sideaineiden yhdistämisellä voidaan saavuttaa uusia ominaisuuksia materiaaleihin.



Kaavio1 Luonnonkuiduilla saavutettavia ominaisuuksia.

Useimmat kaupalliset luonnonkuitumateriaalit 3D-tulostuksessa ovat valmistettu lisäämällä hienoksi jauhettua luonnonkuitua PLA:han tai PLA/PHA yhdistelmään. Hienoaimeen lisäämisellä PLA:han voidaan saavuttaa materiaaliin keveyttä sekä tehdä materiaalille luonnonmateriaalin kaltaisen ulkonäön. Lisäksi puukuitumateriaalia voi jatkotyöstää kuten puuta, esimerkiksi hiomalla. (3ders.org, 2016.)

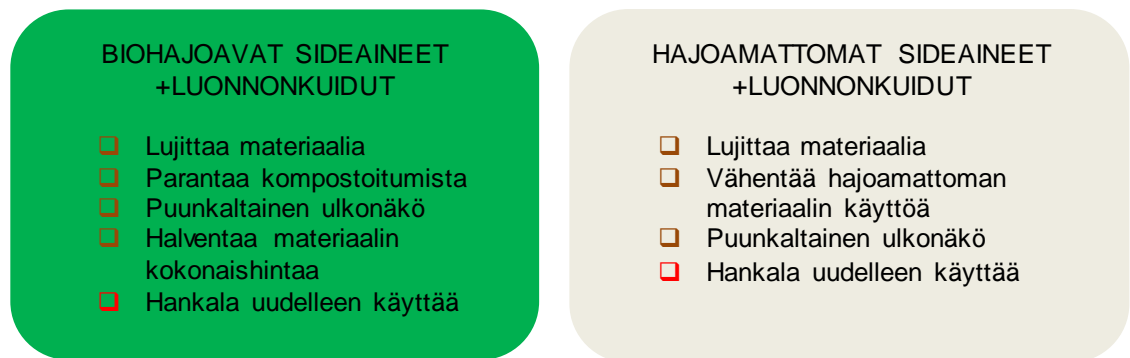
Luonnonkuitujen lisääminen voi vaikuttaa materiaalin lujuuteen ja kestävyys. Luonnonkuitujen lisääminen voi aiheuttaa epäjatkuvuuksia polymeerirakenteeseen, joka käytännössä tarkoittaa sitä, että materiaali murtuu helpommin rasituksessa. Luonnonkuitujen lisääminen polymeeriin tyypillisesti jäykistää materiaalia, mutta heikentää iskunkestävyyttä. Edellä mainittujen ulkonäöllisten ja toiminnallisten ominaisuuksien saavuttamisen lisäksi, luonnonkuitujen yhdistämisellä sideaineeseen voidaan pienentää materiaalin hiilijalanjälkeä käyttämällä lähellä tuotettua uusiutuvaa kuitua. Halpojen sahajauhojen käyttämisellä täyteaineena voidaan myös vähentää materiaalin kustannuksia. (Immonen, 2016).

Toisaalta taas oikeanlaisella kuituseoksella on mahdollista jäykistää ja vahvistaa materiaalia. Selluloosakuitujen ja nanosellun vaikutuksia materiaalin lujuusominaisuuksiin tutkitaan NoMa-hankkeessa. Materiaalin jäykkyyttä ja lujuutta on mahdollista pystyä vahvistamaan luonnonkuitujen avulla. Nanosellu on tutkimuskohteena mielenkiintoinen, koska sen teoreettinen lujuus on korkeampi kuin teräksellä. Nanosellun 3D-tulostaminen NoMa-hankkeen puitteissa on vielä alussa, joten mahdollisuuksia ei voitu tätä opinnäytetyötä tehtäessä tarkentaa. (Immonen, 2016.) Nanosellun tutkimusta ja kehitystä tehdään ympäri maailmaa ja esimerkkejä sen mahdollisuuksista ovat käyttö kudismateriaaleissa sekä suurta lujuutta vaativissa polymeerikomposiiteissa. (Immonen, 2016.)

PLA on materiaalina kallis verrattuna öljypohjaisiin polymeereihin, kuten ABS:n, joten halvan puukuidun lisäämisellä on mahdollista alentaa materiaalin kokonaiskustannusta. Toisaalta halpojen öljypohjaisten materiaalien kohdalla on luonnonkuitujen lisäämisellä mahdollista

vähentää hajoamattoman materiaalin kokonaiskulutusta. Puhdas PLA tarvitsee teollisen kompostoinnin maatuakseen. Luonnonkuituja lisäämällä PLA:han voi parantaa sen maatumisominaisuuksia normaaliolosuhteissa, joten 3D-tulosteiden hävittäminen kompostoimalla helpottuu. (Immonen, 2016.)

Kaaviossa 2 (kaavio2) on listattu mielestäni tärkeimpiä huomioita luonnonkuitupohjaisten 3D-tulostusmateriaaleihin saavutettavista ominaisuuksista, jotka vaikuttavat siitä valmistettavien tuotealueiden hahmottamiseen.



Kaavio 2. Luonnonkuitumateriaalien tuottamia ominaisuuksia biohajoaviin ja hajoamattomiin sideaineisiin sekoitettuna.

4.4 Biokomposiittien kierrätys

Yleisimmät sideaineet, kuten ABS ja PLA, ovat puhtaina materiaaleina helposti kierrätettävissä ja uudelleen käytettävissä. Termoplastiset polymeerit voidaan murskata ja sulattaa uudelleen tulostusmateriaaliksi. Luonnonkuitujen lisääminen materiaaliin voi vaikuttaa materiaalin uudelleen käyttöön, sillä luonnonkuidut voivat vaurioitua uudelleen prosessoinnissa ja johtaa epätasaiseen materiaalin laatuun. (Immonen 2016.) Molempien, niin biohajoavista kuin hajoamattomista sideaineista valmistettujen komposiittien kierrätys on mahdollista, mutta yhteiskunnassa ei ole tällä hetkellä sopivaa järjestäytynyttä logistiikkaa keräämiselle ja kierrättämiselle. Varsinkin PLA-komposiittien kohdalla kierrätystä on myös tutkittu ja sen on todettu olevan teknisesti mahdollista.

(Immonen 2016.) Biokomposiitit on myöskin mahdollista hävittää polttamalla, jolloin niistä saadaan energiaa. (Immonen 2016.)

NoMa-hankkeessa kehitetään sellupohjaisia tulostusmateriaaleja, jotka voisi mahdollisesti kierrättää ja uudelleen käyttää paremmin kuin kaupallisissa sovelluksissa tällä hetkellä olevat materiaalit.

5 3D-TULOSTAMISEN MAHDOLLISUUKSIA TYÖPAJATOIMINNALLA

NoMa-hankkeessa kehitetään luonnonkuitumateriaalien uusia ominaisuuksia monialaisesti, VTT:n, yhteistyöyritysten sekä Lahden ammattikorkeakoulun kesken. Monialaisuus luo uusia näkökulmia aiheeseen ja yhteisillä työpajoilla tavoitellaan uusia näkökulmia tutkittaviin aiheisiin. Luonnonkuitujen 3D-tulostuksen mahdollisuuksiin keskittynyt seminaari ja työpajat järjestettiin VTT:n tiloissa Espoon Otaniemessä 20.5.2016. Seminaariin ja työpajoihin osallistui yhteensä 25 henkilöä. Osallistujissa oli VTT:n ja Lahden Ammattikorkeakoulun henkilökuntaa ja opiskelijoita sekä hankkeen yhteistyöyritysten edustajia. Tilaisuuden aluksi kuultiin avauksia aiheeseen VTT:ltä sekä yritysten edustajilta, jonka jälkeen käynnistettiin työpajatyöskentely. Samaan aikaan toteutettiin neljä eri työpajaa, joissa kussakin keskityttiin etsimään ratkaisuja yhteen annettuun kysymykseen.

Työpajat olivat osa NoMa-hankkeen laajempaa kokonaisuutta ja niiden tavoitteena oli tämän opinnäytetyön tavoitteiden lisäksi hahmottaa uusia tutkimuskohteita 3D-tulostamiselle, sekä laajemmin muotoilijan roolia tulevaisuuden 3D-tulostuspohjaisessa tuotannossa. Tässä työssä käydään kuitenkin läpi kaikkien neljän työpajan tulokset, koska ne liittyvät biomateriaalien 3D-tulostamisen mahdollisuuksien ja muotoilijan roolin hahmottamiseen.

5.1 Työpajatyöskentelyn suunnittelu

Työpajatyöskentelyn tavoitteena oli löytää sovelluskohteita biokomposiitti 3D-tulosteille, hahmottaa muotoilijan roolia 3D-tulostuspohjaisessa tuotannossa sekä hahmottaa tulevaisuuden näkymiä 3D-tulostusalalla ja kiertotalouden mahdollisuuksia. Työpajat suunniteltiin yhteistyössä opinnäytetyön tekijän ja Muotoiluinstituutin yliopettajien Ari Känkäsen ja Mirja Kälviäisen kanssa. Opinnäytetyön tekijällä oli vastuu työpajojen rakenteen ja toiminnan suunnittelusta. Työpajojen tehtäväksi annot oli laadittu hankkeen ohjausryhmässä ja ne muotoiltiin opinnäytetyön tekijän toimesta kysymysmuotoon, aiheen käsittelyn helpottamiseksi.

1. Minkälaisiin tuotteisiin kuitupohjaiset tulostusmateriaalit soveltuvat?
2. Mikä on muotoilijan rooli 3D-tulostuspohjaisessa tuotannossa (toiminta ja palvelut)?
3. Minkälaisten tuotteiden valmistukseen 3D-tulostus soveltuu nyt ja tulevaisuudessa?
4. Mikä on 3D-tulostamisen toimintamalli kiertotalouden näkökulmasta? (Toiminta ja palvelut)

5.1.1 Työpajojen rakenne

Seminaarin alkuosa koostui VTT:n asiantuntijoiden ja 3D-tulostusyritysten puheenvuoroista, joissa käsiteltiin luonnonkuitumateriaalien ja 3D-tulostuksen tutkimusta sekä 3D-tulostusyritysten näkemyksiä alalla toimimisesta ja kehittämisestä.

Työpajojen aluksi pidin lyhyen kymmenen minuuttia kestäneen, orientoivan diaesityksen 3D-tulostamisen mahdollisuuksista maailmalla. Esityksen tavoitteena oli esittää viltimpiä ideoita 3D-tulostamisen hyödyntämisestä ja siten keventää tunnelmaa sekä orientoida osallistujat luovaan ajatteluun.

Esityksen jälkeen esiteltiin työpajojen kysymykset ja kerrottiin työpajojen aikataulullinen kulku. Osallistujat jaettiin neljään ryhmään ja jokaiselle ryhmälle oli varattu oma tila työpajaa varten. Työpajojen fasilitoijina toimivat LAMK:n opettajat. Opinnäytetyön tekijä vastasi työpajojen moderoinnista ja tulosten raportoinnista.

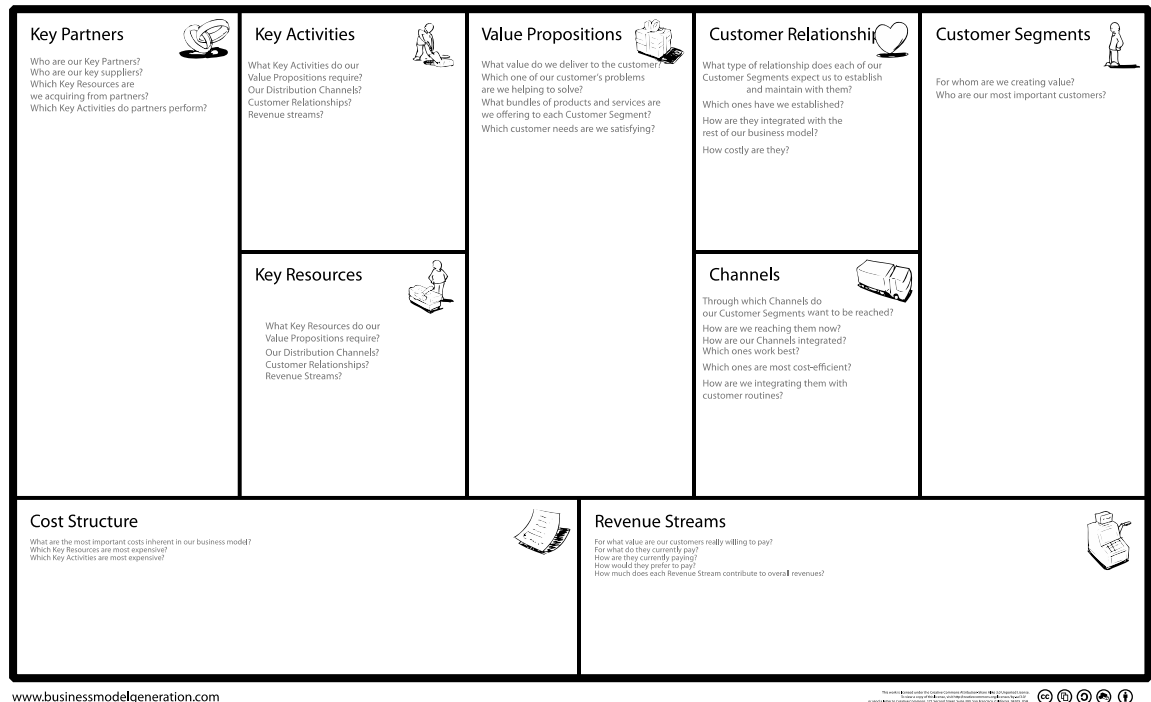
Työpajat suunniteltiin kaksiosaisiksi, joissa ensimmäisessä haettiin vastauksia työpajan kysymykseen aivoriihi-menetelmällä. Menetelmässä työpajan fasilitoija kirjaa ylös osallistujien ajatuksia ja mielipiteitä aiheesta. (Curedale 2013, 62.) Tärkeää aivoriihimenetelmässä on kritiikittömyys osallistujien ideoille, jotta kaikki mahdollisimmatkin ideat pääsevät esille,

joka voi taas osaltaan viedä ajattelua täysin uusille urille. (Curedale 2013, 62.) Menetelmän haasteina ovat liiallisten epäkäytännöllisten ideoiden synty, sekä se, että fasilitoijan on osattava pitää keskustelua yllä, jos aihe on vaikea tai keskustelua ei tahdo syntyä. (Curedale 2013, 62.)

Ensimmäisen osion suorittamiseen oli varattu 15 minuuttia aikaa, jonka jälkeen aivoriihen ideoista valittiin keskustellen paras työpajan toiseen osaan.

Työpajojen toisessa osassa, aivoriihen parasta ideaa lähdettiin kehittämään edelleen liiketoimintamalliksi Alexander Osterwalderin kehittämän Business Model Canvaksen avulla (kuva 3). Tehtävän tavoitteena oli viedä ideointia konkreettisemmalle tasolle ja hahmottaa kehitettävää ideaa kokonaisen liiketoiminnan tasolta. Business Model Canvasta yksinkertaistettiin jättämällä alaosan kulurakenne ja tulovirrat pois, jotta ideoinnissa keskityttäisiin vain liiketoiminnan tuotanto- ja asiakastoimintojen, kanavien ja osallisten (Liikeidean ytimen) hahmottamiseen. Työpajojen lopuksi kokoonnuttiin yhteiseen tilaan kuulemaan työpajojen tuloksia, jonka jälkeen seurasi lyhyt keskustelu aiheesta ja työpajojen yhteenveto.

The Business Model Canvas



Kuva 3. Osterwalderin business model canvas liiketoimintamallien kehittämiseen. (Strategyzer, 2016.)

5.2 Työpajojen tulokset

TYÖPAJA 1: Minkälaisiin tuotteisiin kuitupohjaiset tulostusmateriaalit soveltuvat?

Työpajan ensimmäisen osan aivoriihen tuloksena syntyi ideoita käyttää luonnonkuitumateriaalia erilaisissa terveydenhuollon sovelluksissa. Haitallisista aineista vapaa, luja ja biohajoava materiaali soveltuisi hyvin esimerkiksi ortopedisiin apuvälineisiin ja 3D-skannaamalla ja tulostamalla saisi helposti yksilöllisen tuotteen valmistettua. Aikaisemman kokemukseni perusteella mittatilausjalkineiden ja ortopedisten tukipohjallisten valmistuksesta voi sanoa, että yksilöllisten ortopedisten tuotteiden valmistus sisältää tällä hetkellä paljon käsin tehtävää mittaamista, kipsivalujen ottamista ja muotojen työstämistä käsin. 3D-skannaamalla ja tulostuksella voisi mielestäni vähentää tuotteen valmistusaikaa

huomattavasti, kunhan siihen tarvittavat sovellukset ja palvelut olisivat saatavilla.

Lisäksi aivoriihessä pohdittiin luonnonkuitumateriaalien käyttämistä yksilöllisten sisustusratkaisujen valmistamisessa, esimerkiksi yksilöllisten design-tuotteiden, lamppujen, huonekalujen ja akustisten elementtien valmistuksessa. Puunkaltainen ulkonäkö yhdistettynä muotoihin, joita ei voi muilla menetelmillä valmistaa, voisivat olla näiden tuotteiden kilpailuvaltteja. Korujen ja vaatteiden valmistukseen soveltuvuutta pohdittiin myös. Yksilölliset korut, sekä vaatteisiin tulostettavat koristeet tai tekniset lisäosat voisivat olla potentiaalisia sovelluksia luonnonkuitujen 3D tulostamiselle.

Aivoriihessä keskusteltiin myös muotoilun prototyyppien valmistuksesta ja luonnonkuitumateriaalin vaikutuksista prototyyppien ulkonäköön. Luonnonkuitumateriaalit lisäävät materiaalivaihtoehtoja prototyyppien valmistamiseen ja siten prototyypin ulkonäkö on mahdollista saada mahdollisimman lähelle lopullisen tuotteen ulkonäköä.

Autoteollisuus käyttää nykyisin entistä enemmän 3D-tulostusta hyödykseen valmistuksessa ja uuden auton ostajalla on mahdollista vaikuttaa auton varusteluun ja jopa ulkonäköön autoa tilatessa, joten autojen sisustuselementtien yksilöiminen 3D-tulostamisen ja luonnonkuitumateriaalien avulla nähtiin aivoriihessä potentiaalisena mahdollisuutena. 3D-tulostettu luonnonkuitumateriaali voisi antaa arvokkaan ja omaperäisen jäljen auton sisustukseen. 3D-skannaamisen ja tulostamisen avulla voisi myös ehostaa käytetyn auton sisustaa luomalla uusia sisustuskomponentteja vanhojen komponenttien pohjalta.

Työpajan toisen vaiheen liiketoimintamallin rakennuksen alkuideaksi valittiin yksilölliset ajoneuvojen sisustusratkaisut (kuva 4). Alkuideaa lähdettiin kehittämään muokatun Osterwalderin business model canvaksen avulla.

TYÖPAJA 1 LIIKETOIMINTASUUNNITELMA

Ajoneuvojen sisustusosat – paneelit, hallintalaitteet, kojelauta

Kumppanit	toiminnot	Arvolupaus	Asiakassuhteet	Asiakasryhmät
Varaosa-/huoltoliikkeit - > korjaus ja vaihto toiminnot Ajoneuvojen valmistajat, räätälöidyt ratkaisut Autokaupat - > mainostus 3D tulostus yritykset Materiaalin valmistajat	Osien muotoilu Valmistus ja asennus Ergonomian skannaus	Personointi Omännäköinen Akustiset sisustusratkaisut "ei räminää" Kuitupinnat sisutukseen Ergonomiset penkki, kojelauta, hallintalaitteet (ratti, vaihdekeppi) erikoistarpeisiin, liikuntaesteet, käyttömukavuus Hengittävyys Osien uusiutuvuus, hävitettävyyden Kojelautaan häikäisyn esto kuitudisplayt Tilansäästö Koteloiteja voidaan tehdä paremmin Ilmanvaihtokanavat Ilmanpuhdistava auto (kuidun helppo hävitettävyyden olisi etu)	Huoltopalvelun yhteydessä lisäarvoa	Kustomoinnista kiinnostuneet Tuunajat Erityisergonomisia tarpeita omaavat Ammatti-autoilijat Korjaajat
	Resurssit Olemassa olevien jakelukanavien hyödyntäminen Suunnittelupalvelu Tuotannon suunnittelupalvelu Jälkikäsittelypalvelut Lisä palveluliiketoimintaa		Jakelukanavat Huoltoliikkeiden yhteydessä Autoliikkeet Suoraan kotiin toimitettuna	

Kuva 4. Työpajan tuottama liiketoimintamalli ajoneuvojen sisustuselementtien räätälöintipalvelusta.

Ajoneuvojen yksilöllisiä sisustusosia tarjoavan yrityksen liiketoiminnan ydin ja arvolupaus olisi tuottaa yksilöityjä sisustusratkaisuja luonnonkuitumateriaalista 3D tulostamalla. Avainasemassa yrityksen erottautumisessa markkinoilla olisi ekologinen materiaali, yksilöllinen muokattavuus sekä laatu. Asiakaslähtöinen suunnittelu, valmistus, asennus ja laaja jakeluverkosto autoliikkeiden, varaosamyymälöiden ja verkkomyynnin kautta kuuluisivat yrityksen perustoimintoihin. Asiakasryhminä yrityksellä olisivat kustomoinnista kiinnostuneet ja erityisergonomisia tarpeita omaavat autoilijat, sekä ammattiautoilijat, tuunajat ja korjaajat.

TYÖPAJA 2: Mikä on muotoilijan rooli 3D-tulostuspohjaisessa tuotannossa (toiminta ja palvelut)?

Työpajan ensimmäisen vaiheen aivoriihessä pohdittiin muotoilijan merkitystä ja roolia 3D-tulostuspohjaisessa tuotannossa, eli sitä mihin ja miten kaikkeen konkreettiseen tuotemuotoiluun ja 3D-mallintamisen lisäksi muotoilun keinoin voi vaikuttaa? Muotoilijan monialainen osaaminen nousi keskustelussa vahvasti esille. Muotoilija pystyy tekniikan ja tuotantoprosessien sekä materiaalin tuntemuksen avulla tuottamaan optimoituja ratkaisuja, niin kustannustehokkuuden kuin toiminnallisuuden kannalta. Tästä hyvänä esimerkkinä voidaan käyttää luvussa 3.1 esitettyä Airbusin 3D-tulostamisen avulla optimoitua satelliittiin asennettavaa telinettä. Muotoilun menetelmien avulla pystyy hahmottamaan tarvelähtöisyyttä. Palvelumuotoilun keinoin muotoilija pystyy kehittämään uusia palveluja ja alustoja käyttäjän tekemälle räätälöinnille. Muotoilija voi myös toimia designin ohjaajana tai mentorina käyttäjien tekemässä räätälöinnissä. Lisäksi muotoilijan roolista brändinhallinnassa ja kehityksessä keskusteltiin aivoriihessä.

Toisen vaiheen liiketoimintamallin kehittämiseksi valittiin business to business räätälöinti (kuva 5), jossa korostuu muotoilijan monialainen osaaminen tekniikoiden, materiaalituntemuksen myötä syvemmälle palveltavan yrityksen strategian muotoiluun sekä palvelumuotoilun avulla asiakastuntemuksen ja palveluiden kehittämiseen.

TYÖPAJA 2 LIIKETOIMINTASUUNNITELMA

Business to business räätälöinti				
Kumppanit	Toiminnot	Arvolupaus	Asiakassuhteet	Asiakasryhmät
<ul style="list-style-type: none"> 3D-tulostusfirmat <ul style="list-style-type: none"> Useat teknikat Alihankkijaverkosto Materiaalitovittajat Skannauspalvelut 	<ul style="list-style-type: none"> 3D suunnittelu Tekniikan tason jatkuva päivitys 	<ul style="list-style-type: none"> B to B räätälöinti <ul style="list-style-type: none"> Yksilöllisyys Brändin rakentaminen Brändin hallinta Palvelumuotoilu – prosessin hallintaa loppuasiakkaan näkökulmasta 	(Alihankkija) <ul style="list-style-type: none"> Netti Messut, S-posti, puhelin, Skype Räätälöinnin vapaus tärkeää. 	<ul style="list-style-type: none"> B to B asiakkaat
	Resurssit		Jakelukanavat	
	<ul style="list-style-type: none"> Tietokone, 3D printeri Ohjelmat Datapankki (materiaaleista) Skannauspalvelu 		<ul style="list-style-type: none"> Digitaaliset jakelukanavat Yhteinen pilvipalvelu Suunnittelualustat netissä 	

Kuva 5. Työpajan tuottama liiketoimintamalli B2B räätälöinnistä

TYÖPAJA 3: Minkälaiden tuotteiden valmistukseen 3D-tulostus soveltuu nyt ja tulevaisuudessa?

Aivoriihessä pohdittiin 3D tulostamisen tekniikoiden kehittymistä ja tulevaisuudessa sovellettavia käyttökohteita. 3D tulostamisen mittakaavan skaalautuminen nanokoosta isoihin rakennuksiin oli esillä keskusteluissa ja esimerkiksi maan- ja viherrakentamisessa käytettävä tietokoneavusteinen maa- ja rakennusainesten asentaminen 3D-tulostuksen tapaisesti oli yhtenä ideana tulevaisuuden käyttökohteista. Toisena ideana, mittakaavan toisesta päästä, keskusteltiin 3D-tulostuksen soveltumisesta terveydenhuoltoon, sekä lääketeollisuuteen. Personoidut ja ajantasaisesti käyttäjäoptimoidut lääkkeet voisivat olla tulevaisuudessa 3D tulostuksen osa-alueita.

Liiketoimintamallin alkuideaksi valittiin personoitu lääkitys (kuva 6).

Yhdessä terveydenhuollon kanssa toimiva yritys, joka hyödyntäisi asiakkaiden ajantasaisia mittaustuloksia ja lääkäreiden diagnooseja sekä lääkemääräyksiä tuottamaan juuri kullakin hetkellä tarvittavan oikean

lääkityksen. Lääkityksen optimoinnilla voisi vähentää jätteeksi meneviä vanhentuneita lääkkeitä, parantaa hyvinvointia, sekä säästää logistiikka kuluissa, koska lääkkeitä valmistettaisiin juuri tarvittava määrä tilauksesta.

TYÖPAJA 3 LIIKETOIMINTASUUNNITELMA

Personoitu lääkitys				
Kumppanit	Toiminnot	Arvolupaus	Asiakassuhteet	Asiakasryhmät
<ul style="list-style-type: none"> Sairaalat Terveystieteiden ala Apteekit Kotihoito Vanhusten palveluympäristöt Viranomaiset Lainsäätäjät 	<ul style="list-style-type: none"> Sääntö Analyysit Nopea reagointi Ohjaus oikeaan käyttöön → ajoitus 	<ul style="list-style-type: none"> Oikea-aikainen lääkitys Oikeaan aikaan Personoitu Hyvä suutuntuma Personoitu terveyden huolto Parempaa sairaiden ja vanhusten huoltoa Kustannustehokkuus Varastointi → logistiikka 	<ul style="list-style-type: none"> Sairaalat Hoitopalvelujen tuottajat 	<ul style="list-style-type: none"> Sairaalat Hoitopalvelujen tuottajat
	Resurssit <ul style="list-style-type: none"> Julkiselle säästöjä Yksityinen Lääkebusiness Palveluynitys 		Jakelukanavat <ul style="list-style-type: none"> Lääkefirmat Kokonaispalvelu 	

Kuva 6. Työpajan tuottama liiketoimintamalli personoidusta lääkityksestä

TYÖPAJA 4: Mikä on 3D-tulostamisen toimintamalli kiertotalouden näkökulmasta? (Toiminta ja palvelut)

Työpajan aivoriihessä keskusteltiin jätevirtojen hyödyntämisestä karkeampiresoluutioisessa 3D-tulostamisessa kuten rakentamisessa tai huonekalujen valmistuksessa ja matalan teknologian arkituotteissa joissa voisi käyttää materiaalin täyteaineena jätteeksi luokiteltua materiaalia, joka ei välttämättä tarvitse olla täysin "puhdasta", kuten purkupuu tai maatalouden sivuvirrat, kuten oljet ja jyvänkuoret. Näitä materiaaleja voisi käyttää esimerkiksi pysyvässä rakentamisessa ja kevyemmissä väliaikaisrakennuksissa. Lisäksi keskusteltiin 3D-tulostamisen ja biokompostien hyötykäytöstä esimerkiksi kasvualustojen valmistamisessa.

Liiketoimintamalli kehitettiin jätteenjalostuksesta 3D-tulostusmateriaaliksi (kuva 7), jonka perusajatuksena olisi moninkertaistaa jätteen arvo jalostamalla siitä uusia tuotteita ja siten pienentää ekologista jalanjälkeä.

TYÖPAJA 4 LIIKETOIMINTASUUNNITELMA

Jätteenjalostus 3D tulostusmateriaaliksi				
Kumppanit	Toiminnot	Arvolupaus	Asiakassuhteet	Asiakasryhmät
<ul style="list-style-type: none"> Kehittynyt Jätteenjalostus Maatalouden tuotanto <ul style="list-style-type: none"> Maanviljelijät Kasvihuoneyrittäjät Teollisuuden materiaa livirrat 		<ul style="list-style-type: none"> Jätteen arvon kaksinkertaistaminen Ekologisen jalanjäljen pienentäminen 		<ul style="list-style-type: none"> Kuluttajat Maatalous
	Resurssit <ul style="list-style-type: none"> Materiaalin jätteenkierrasta tulevat virrat 		Jakelukanavat <ul style="list-style-type: none"> Paikallisuus 	

Kuva 7. Työpajan tuottama liiketoimintamalli jätteenjalostuksesta 3D tulostusmateriaaliksi.

5.3 Pohdinta työpajojen tuloksista.

Työpajatoiminta sekä seminaari, jossa oli mukana osallistujia monilta eri aloilta pohtimassa 3D-tulostamisen ja siihen liittyvien luonnonkuitumateriaalien käyttökohteita ja tulevaisuudennäkymiä, oli tämän opinnäytetyön kannalta erittäin tärkeä. Monialainen yhteistyö on avainasemassa innovaatioiden ja uusien palvelujen kehityksessä, sillä eri alojen asiantuntijoilla on syvä tietämys omalta erityisalaltaan sekä laaja kevyt tietämys monilta muilta aloilta. (Schneider, Stickdorn 2013, 110-111.) Eri alojen asiantuntijoiden yhteistyön avulla voidaan saavuttaa näkökulmia kehitettävään kohteeseen jokaisen osallistujan omalta

erityisalalta ja siten pystytään luomaan täysin uusia ratkaisuja. (Schneider, Stickdorn 2013, 112.)

Työpajoissa syntyi paljon ideoita tämän työn kannalta tärkeisiin kysymyksiin. Luonnonkuitumateriaalien mahdollisia käyttökohteita löytyi useita ja business model canvaksen avulla pystyttiin hahmottamaan mahdollisiin käyttökohteisiin liittyvää liiketoimintaa. Seuraavana kysymyksenä työn kokonaisuuden hahmottamisessa nousi luonnonkuitujen 3D-tulostamisen palvelut. Minkälaisia mahdollisuuksia digitaalinen toimintaympäristö luo ja miten luoda toimiva palvelu liikeidean ympärille?

Seuraavassa luvussa selvitetään digitaalisen toimintaympäristön kehittymistä, sekä sen hyödyntämistä työpajatoiminnassa syntyneisiin ideoihin 3D-tulostamiseen tarkoitetuista luonnonkuitumateriaalien käyttökohteista.

6 DIGITAALINEN TOIMINTAYMPÄRISTÖ

Ennen kuin 3D-tulostamista voi tehdä, tulostettava kohde täytyy olla digitaalisessa muodossa, jotta tietokone voi laskea tulostimelle reitin valmistusta varten. (Lipson, Kurdman, 2014, 12.) Olemassa olevien kappaleiden, kuten koneiden ja laitteiden varaosien tulostamista varten, varaosa täytyy skannata digitaaliseen muotoon ja 3D-mallinnusohjelman avulla muokata 3D-tulostettavaan muotoon. Uusien esineiden kohdalla prosessi kulkee usein kohteen 3D-mallintamisesta tulostukseen. 3D-mallinnus voi olla, riippuen kappaleen monimutkaisuudesta, hidasta ja aikaa vievää sekä aiheuttaa ison osan tulostettavan kappaleen kustannuksista. Ympäröivä maailmamme muuntuu koko ajan entistä enemmän digitaaliseen muotoon ja digitaalisen tiedon lisääntyminen tuo uusia mahdollisuuksia myös luonnonkuitujen 3D-tulostamiselle.

6.1 Digitaalinen toimintaympäristö avaa uusia mahdollisuuksia

3D-tulostamisen kehityksen vaiheet voidaan jakaa neljään kategoriaan palveluiden ja tekniikan kehittymisen vaikutusten osalta. Ensimmäisessä vaiheessa 3D-tulostaminen miellettiin yleisesti prototyyppien valmistuksen välineeksi (Rapid prototyping) (Rayna, Striukova, 2015, 217.) Ennen 3D-tulostamista vaadittavat toimenpiteet ovat samankaltaiset kuten muissakin CAD-tietoa hyväksi käyttävässä valmistamisessa. Valmistettava kappale täytyy saada digitaaliseen, valmistuslaitteen ymmärtämään muotoon ennen valmistusta. 3D-tulostaminen nopeuttaa suunnitteluprosessia ja halventaa prototyypin valmistamisen kustannuksia verrattuna tavanomaisiin prototyyppien valmistusmenetelmiin, kuten käsin tai CNC-koneistamalla tehtyihin. (Rayna, Striukova, 2015, 217.)

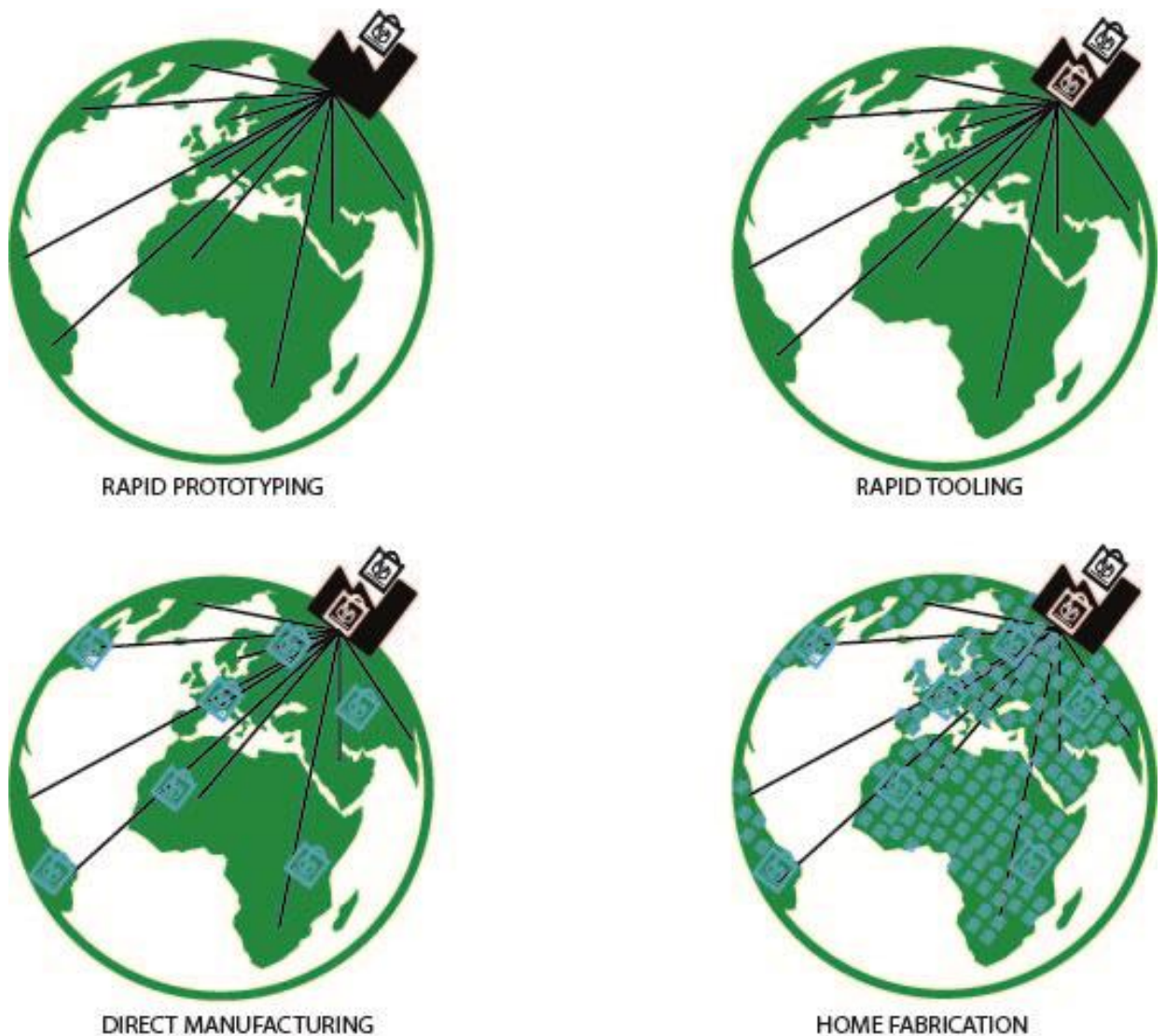
Prototyyppien valmistamisen lisäksi 3D-tulostamista alettiin käyttää myöhemmin myös muottien ja teollisessa tuotannossa tarvittavien apuvälineiden valmistamiseen. Tästä kehityksen vaiheesta Rayna ja Striukova käyttävät termiä Rapid tooling. Ruiskupuristamisessa käytettävien muottien valmistaminen 3D-tulostamalla helpottaa ja halventaa valmistettavan tuotteen muokkaamista tuotantolinjalla. (Rayna,

Striukova, 2015, 218.) Zonderin ja Sellan (2013, 5) tekemän selvityksen mukaan kuusipaikkaisen lusikkamuotin tekeminen alumiinista CNC-koneistamalla voi kestää 30 päivää ja maksaa 1400\$, kun Polypropeenista 3D-tulostamalla tehdyn muotin valmistusaika on 7 tuntia ja kustannus 396\$. Muovista tehty muotti kestää hiekommin kuin alumiinista tehty (vain muutamia kymmeniä kertoja), mutta pienien tuotantoerien, tuotekehityksen ja joustavuuden kannalta muottien ja apuvälineiden 3D-tulostamisella on vaikutusta yritysten toimintaan. (Rayna, Striukova, 2015, 218.)

3D-tulostamisen kehityksen kolmas vaihe (Direct manufacturing) Raynan ja Striukovan mukaan voi vaikuttaa merkittävästi tuotteiden valmistusprosesseihin, koska siinä missä perinteinen teollinen valmistus on yleensä sidottu tiettyyn tuotantolaitokseen ja tuotantoprosessiin, 3D-tulostinlaitteiden yleistymisen ja valmistustiedon digitalisoitumisen myötä mikä tahansa tulostin, joka täyttää valmistettavan kappaleen vaatimukset voidaan käyttää kappaleen valmistukseen riippumatta paikasta. (Rayna, Striukova 2015, 219.) Esimerkiksi Makexyz ja 3D Hubsin kaltaiset yritykset tarjoavat palvelua, johon kuka tahansa 3D-tulostuslaitteen omistava taho voi ilmoittaa sijaintinsa ja laitteistonsa. Palvelun avulla tuotteen ostaja voi valita lähimmän sopivan laitteen tuotteen valmistukseen. Tämä rikkoo perinteistä kuvaa teollisesta valmistamisesta ja helpottaa piensarjojen ja kokeilujen tekemistä, koska perinteisen massatuotantoprosessin aloituskustannukset voivat olla korkeat, johtuen minimi tilausmääristä ja logistiikan kustannuksista. (Rayna ja Striukova 2015, 219.)

Neljäs vaihe 3D-tulostamisen kehityksessä on Raynan ja Striukovan (2015, 220) mukaan kotitulostamisen yleistyminen (Home fabrication). Kotitulostaminen jakaa valmistamisen entistä pienempiin yksiköihin, jossa jokainen kotitulostimen omistaja voi olla osa tuotantoketjua. Toteutuessaan tämän kaltainen tuotantomalli tekee kuluttajasta valmistajan ja sen seurauksena yritykset joutuvat miettimään ansaintamallejaan uudestaan. Miten taataan IPR-oikeudet ja tuotteiden laatu ja toiminta? (Rayna ja Striukova 2015, 220.)

Kuvassa 9 on esitetty Raynan ja Striukovan (2015) julkaistun artikkelin pohjalta 3D-tulostamisen kehittymisen eri vaiheiden vaikutuksia teolliseen tuotantoon ja logistiikkaan. 3D-tulostamisen kehittymisen eri vaiheet eivät kumoa edellistä vaihetta tai perinteistä massatuotantoa vaan kuvaavat 3D-tulostamisen kehittymistä osaksi toimintaympäristöä. Perinteistä massatuotantoa 3D-tulostaminen tulee tuskin koskaan korvaamaan, vaan 3D-tulostaminen lisää mahdollisuuksia tuotteiden yksilöimiseen ja yksilöllisempien palvelujen tarjoamiseen.



Kuva 9. 3D-tulostamisen kehityksen neljä vaihetta.

6.2 Ideasta tuotteeksi

Työpajatoiminnassa saatuja tuloksia voi tarkastella tarkemmin palvelumuotoilun kautta. Minkälainen toimintaympäristö kehitettävälle palvelulle olisi mahdollinen ja miten NoMa-hankkeessa mukana olevat yritykset voisivat hyödyntää työpajojen tuloksia? Kehitettäviä palveluja voi hahmottaa ja luonnostella Schneiderin ja Stickdornin teoksessa *This is Service Design Thinking* 2013 esitetyn Customer Journey Canvaksen avulla. Customer Journey Canvas on jaoteltu kolmeen osioon, joista ensimmäinen tarkastelee ennen varsinaista palvelutapahtumaa olevia toimintoja, viestintää, markkinointia sekä aikaisempia kokemuksia palvelusta. Toinen osa kuvaa palvelutapahtuman ja kolmas palvelun jälkeisiä toimintoja, asiakassuhteiden ylläpitämistä, word to mouth tiedon leviämistä sekä sosiaalista mediaa. (Schneider, Stickdorn 2013.) Kehitettävä palvelu voidaan kuvata yksittäisinä hetkinä, jolloin palvelun käyttäjä on kosketuksissa palveluun. Näitä hetkiä kutsutaan kontaktipisteiksi. (Schneider, Stickdorn 2013, 40.)

Koska opinnäytetyö tarkoitus on hahmottaa 3D-tulostettavien luonnonkuitukomposiittien mahdollisuuksia laajemmin, pyrin hahmottelemaan palvelujen perusrakenteita, joiden avulla työpajatoiminnassa kehitettyjen ideoiden ympärille kehitettäviä palveluja voisi viedä eteenpäin. Lähdin hahmottamaan palvelujen rakennetta kolmen perusvaiheen kautta jotka koskettavat luonnonkuitujen 3D-tulostamisen ympärille kehitettäviä palveluja. Nämä vaiheet ovat digitaalinen malli, kustomointi sekä 3D-tulostaminen.



kaavio 3. Luonnonkuitujen 3D-tulostamisen palvelujen perusvaiheet

6.2.1 Digitaalinen malli

Kehitettävän palvelun ensimmäinen vaihe on tulostettavan kappaleen hankkiminen tai tekeminen digitaaliseen muotoon, jotta sen voi tulostaa. Työpajan 1 luoman liiketoimintamallin ajoneuvojen yksilöllisistä sisustuselementeistä, kohderyhmänä olivat autojen tuunaajat, ammattiautoilijat ja erityisergonomisia tarpeita omaavat ihmiset. Oletettavasti suurin osa liiketoimintamallin kohderyhmästä eivät olisi perehtyneitä 3D-tulostamiseen tai siihen liittyviin vaiheisiin, joten kustomoitava sisustuselementin osa tulisi olla helposti saatavilla ja muokattavissa ilman erityisosaamista. Autojen tuunaajille ja ammattiautoilijoille, joiden kustomoinnin tarve olisi lähinnä ulkonäöllisissä kohteissa tai esimerkiksi lisälaitteiden kannattimissa, palvelu voisi perustua digitaaliseen osakirjastoon, joka toimisi samankaltaisesti kuten huoltoliikkeiden varaosakirjastot verkossa. Toisaalta ajoneuvojen sisustuselementtien muuttamisen ja laajamittaisen käyttäjien mallintamien osakirjastojen ylläpitäminen ja tekijänoikeudelliset seikat voivat muodostua ongelmaksi (Lennon, Eade, Smyth, 2016), joten toinen vaihtoehto digitaalisen osakirjaston saavuttamiseksi voisi olla tieto suoraan ajoneuvovalmistajilta, kuten ajoneuvovalmistaja Daihatsun ja 3D-tulostusuritys Stratasysin yhteistyöprojektissa Daihatsu Copen autojen kustomoitavista koriste-elementeistä. (Stratasys, 2016.)

Erityisergonomisia ratkaisuja tarvitsevien kohderyhmällä sekä työpajatoiminnan aivoriihessä syntyneessä ideassa 3D-tulostetuista ortopedisistä apuvälineistä tarve kustomointiin on enempi yksilöllistä kuten kehon toimintojen parantamisessa ja laitteiden helppokäyttöisyydessä. Tätä varten kehon tai kehon osien skannaaminen ja skannatun tiedon siirtäminen valmistettavaan kappaleeseen saattaa tulla kyseeseen. Vaativat erityisergonomiset ja ortopediset ratkaisut tarvitsevat ammattilaisen määrittämään tarpeen, ja tuotteen suunnittelu- ja valmistusprosessi on aina yksittäinen tapaus. Mittatilaustuotteen valmistus perinteisillä menetelmillä voi vaatia erilaisten mittauksien ottamista käsin, muotin valmistusta ja tuotteen käsin valmistamista. 3D-skannaamisen ja -

tulostamisen avulla on mahdollista luoda tarkempia jäljennöksiä kehosta ja vähentää aikaa vieviä käsityövaiheita. (Mavroidis; et al. 2011.)

Helpompia erityisergonomisia ja ortopedisiä tarpeita varten, joiden hankkimiseen ei välttämättä tarvitse asiantuntijan apua, kehon skannaaminen voi olla helpommin saavutettavissa kuin ammattimaisen 3D-laserskannauspalvelun avulla. Mobiililaitteille on saatavissa sovelluksia, joiden avulla voi luoda 3D-mallin kehostaan. (Cilley, 2016.) Mobiililaitteille olevat sovellukset mittaavat laitteen kameran avulla etäisyyksiä ja muodostavat siten kolmiulotteisen kuvan kohteesta. Mobiililaitesovellusten skannaukset ovat epätarkempia kuin laserskannerilla tehdyt ja usein skannaukset ovat sinällään käyttökeltvottomia 3D-tulostamiseen. Mobiililaiteskanauksen jälkeen saatua digitaalista mallia joudutaan korjaamaan ja muokkaamaan, joko sovelluksen omilla työkaluilla tai jonkin toisen sovelluksen avulla. (Cilley, 2016.) Kehon skannaamiseen erikoistunut Bodylabs yritys on ratkaissut puutteellisen tiedon korjaamisen luomalla digitaalisen kehon aihion, jonka voi muokata helpon käyttöliittymän avulla vastaamaan skannattua tietoa. Bodylabs kehittää palvelua pääasiassa vaatteiden ja pukineiden verkko-ostamisen helpottamiseksi. Aihioon on myös mallinnettu kehon liikeratoja, jonka avulla vaatteiden ja pukineiden käyttäytymistä voi tarkastella digitaalisessa muodossa ennen ostamista. (Bodylabs, 2016.)

6.2.2 Kustomointi

Makerbotin Thingiversen ja Shapewaysin kaltaiset yritykset tarjoavat käyttäjien tekemiä valmiita 3D-malleja erilaisista koriste-esineistä laitteiden varaosiin. Molempien palveluiden verkkosivustoille on rakennettu mahdollisuus useimpien 3D-mallien pienimuotoiseen kustomointiin. Tekstin lisääminen tai esineen mittasuhteiden muuttaminen onnistuu ilman kokemusta 3D-mallintamisesta näiden sovellusten avulla. Esineiden suurempi muokkaus vaatii 3D-mallinnusohjelman ja kokemusta aiheesta. (Thingiverse ja Shapeways, 2016.)

Kesäkuussa 2016, japanilainen ajoneuvovalmistaja Daihatsu ja 3D-tulostusyritys Stratasys julkistivat yhteistyönsä 3D-tulostetuille koriste-elementeille Daihatsun Copen autoihin. Koriste-elementit ovat auton puskureihin kiinnitettäviä kappaleita, joiden avulla autoon voi saada personoitua ulkonäköä. Daihatsu on luonut yhdessä Tokiolaisen muotoilutoimisto Znug designin kanssa 15 valmista mallia koriste-elementeille ja lupaa, että asiakas voi muokata elementtejä tai ainakin pintakuvion mittasuhteita heidän tarjoamansa palvelun avulla. Palvelu ei ollut käytettävissä vielä tämän työn tekemisen aikana, joten sen tarkempaa tietoa palvelun toteutuksesta ei ollut vielä saatavilla. (Stratasys, 2016.)

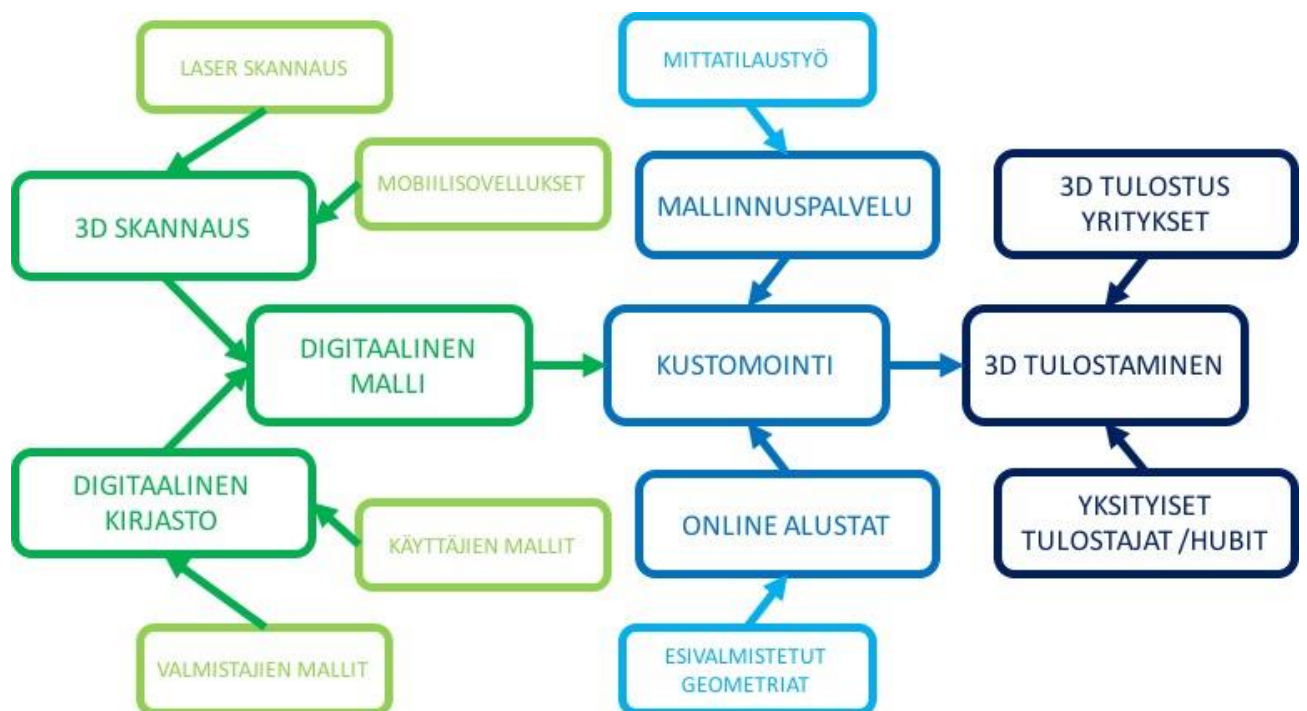
6.2.3 3D-tulostaminen

Makerbotin Thingiversen ja Shapewaysin kaltaisista palveluista voi ostaa käyttäjien tekemiä 3D-malleja erilaisista koriste-esineistä ja varaosista. Palveluista voi myöskin tilata kappaleen valmiiksi tulostettuna. Shapewaysillä on omat tulostuslaitokset tulostamista varten ja Thingiverse käyttää hyväkseen 3D Hubs palvelua jonka avulla voi löytää valmistajan mahdollisimman läheltä. 3D Hubs vastaa palveluna hyvin paljon Raynan ja Striukovan (2015) 3D-tulostamisen kehittymisen neljättä vaihetta, jonka perusajatuksena on valmistuksen siirtyminen pieniin yksiköihin, joissa kuka tahansa 3D-tulostimen omistaja voi olla mahdollinen valmistaja. 3D Hubs palvelu toimii siten, että 3D tulostimen omistaja ilmoittaa palvelulle laitteensa, materiaalin, toimitusajan ja laskutustiedot. Laitteen rekisteröityä, Thingiversen kaltaisten palvelujen kautta esineitä tilaava asiakas saa näkyviinsä listan lähellä olevista laitteista, joilla kyseinen esine on mahdollista valmistaa. (Thingiverse, Shapeways ja 3Dhubs, 2016.)

Kaaviossa neljä (Kaavio 4) on kuvattu luonnonkuitujen 3D-tulostamisen ympärille rakennettavan palvelun perustoimintoja. Digitaalisista palveluista tehdyn selvityksen perusteella, päädyin hahmottamaan palvelupolun runkoa 3D-skannaamisen ja valmiiden osakirjastojen kautta. Kehon 3D-skannaamista käyttävä palvelu keskittyisi vaativampaan mittatilaustyönä

tehtäviin palveluihin, joten palvelupolku kulkisi 3D-skannaus- ja mallinnuspalvelun kautta 3D-tulostusyritykselle. Palvelua käyttävien asiakkaiden kustomoinnin tarve olisi enemmän toiminnallisissa seikoissa kuten erityisergonomiassa. Tämänlainen palvelu koostuisi erialojen asiantuntijayritysten yhteistoiminnasta joissa kukin vastaa ammattitaidollaan oman alueensa toimivuudesta.

Digitaalisen kirjaston kautta toimiva palvelu keskittyisi pienimuotoisempaan kustomointiin, jossa kustomoinnin tarve liittyisi ulkonäöllisiin seikkoihin enemmän kuin toiminnallisuuden parantamiseen, kuten pinnan tekstuuriin muokkaamiseen ja kirjaimien ja logojen lisäämiseen. Tämänkaltaisen kustomoinnin voisi toteuttaa yksinkertaisilla palveluun rakennetuilla selainpohjaisilla muokkaustyökaluilla. 3D-tulostamisen voisi tilata palvelun kautta yhteistyöyritykseltä tai 3D Hubsin kaltaisen yhteistyöyrityksen avulla yksityiseltä tulostajalta, jolla on tarvittava materiaali valikoimassaan.



Kaavio 4. Luonnonkuitujen 3D-tulostamisen palvelujen mahdollisia runkoja

7 3D TULOSETTAVAN LUONNONKUITUMATERIAALIN JA PALVELUN BRÄNDÄÄMINEN

Opinnäytetyön tavoitteena oli hahmottaa 3D-tulostettavien luonnonkuitumateriaalien mahdollisuuksia 3D-tulostustekniikoiden ja uuden materiaalin ominaisuuksien sekä palvelun kehittämisen näkökulmasta. Uuden materiaalin ja sen ympärille kehitettävän palvelun hahmottamisen alkuvaiheessa on hyvä tarkastella myös mahdollisen uuden materiaalin tai palvelun sijoittumista markkinoille brändäämisen avulla. Brändi on, lyhyesti selitettynä mielikuva joka yrityksestä näkyy ulospäin kuten arvot, asiakaslupaus ja palvelukokonaisuus. (Wheeler, 2009, 2-3.) Koska luonnonkuitupohjaisten 3D-tulostusmateriaalien mahdollisuudet olivat tämän opinnäytetyön keskiössä, tässä luvussa tarkastelen ensin uuden biohajoavan 3D-tulostusmateriaalin brändäämiseen vaikuttavia osioita vertailemalla ja analysoimalla markkinoilla jo olevia ympäristöystävällisten 3D-tulostusmateriaalien valmistajien brändejä. Samalla reflektoin vertailun ja analysoinnin tuloksina syntynyttä suunnitelmaa uudesta biomateriaali-brändistä uuden materiaalin ympärille kehitettävään palveluun.

Biomateriaalit ja ympäristöasiat eivät ole vielä NoMa-hankkeessa mukana olevien yritysten brändeissä juurikaan näkyvillä, paitsi 3Dtech Oy:llä, joka verkkosivuillansa kertoo yrityksen visiosta käyttää bio- ja kierrätysmateriaaleja. Kysyin lyhyellä sähköpostikyselyllä yritysten näkemyksiä materiaalin brändäämisestä ja sen tärkeydestä. Lisäksi kysyin visioita yrityksen oman brändin kehittämistä biopohjaisten materiaalien avulla. 3Dtech Oy:ssä koettiin uuden materiaalin brändäys tärkeäksi osaksi kehitystä ja he aikoivat tulevaisuudessa ottaa biomateriaalit entistä vahvemaksi osaksi yrityksen brändiä.

7.1 Olemassa olevien brändien vertailu

Koska en ollut opinnäytetyön tekemisen alussa aktiivinen 3D-tulostuksen harrastaja, vaan pikemminkin kiinnostunut aiheesta yleisellä tasolla, kuva 3D-tulostusmateriaaleja tuottavista brändeistä ja heidän toimintatavoistaan

oli melko epäselvä. Päädyin tarkastelemaan muutamaa alalla jo toimivaa yritystä, jotka tuottavat biohajoavia tulostusmateriaaleja. Pelkän verkkohaun perusteella oli kohtalaisen hankalaa löytää relevantteja yrityksiä vertailuun, joten NoMa-hankkeessa mukana olevat 3D-tulostusyritykset olivat apuna tässäkin kohtaa. Verkkohaun ja yhteistyöyritysten avulla löytyi vertailuun neljä yritystä, joiden valmistamista tuotteista iso osa oli biohajoavia.

Tarkastelin vertailuun valittujen yritysten brändejä aluksi yleisellä tasolla Wheelerin Designing Brand Identity-teoksessa (2009, 31) esitettyä brändin kuvaamisen mallia hyväksi käyttäen (kuva 9). Tällä halusin saada yleiskuvan vertailtavista brändeistä, niiden toimintatavoista, julkikuvasta ja siitä, millä tasolla brändääminen on yleisesti alan yrityksillä. Tämän jälkeen tein kaavion viisi (kaavio 5) vertailua varten, minkä avulla selvitin miten yritykset tuovat esiin ympäristöystävällisiä tuotteitaan ja millä tavoin yritykset viestivät asiakkaidensa kanssa? Vertailun tavoitteena oli hahmottaa uuden materiaalivalmistajan brändin sijoittumista yrityskenttään ja löytää mahdollisia aukkoja kilpailijoiden palveluissa ja brändeissä, joita täyttämään uusi yritys voisi syntyä.



Kuva 9. Brändin kuvaamisen malli (Wheeler, 2009).

7.2 Vertailtavat brändit yleisesti

Tarkasteltaessa yrityksiä yleisellä tasolla, kävi ilmi melko nopeasti, että useimpia yrityksiä ei ole brändätty kovinkaan johdonmukaisesti, ja useimmat näyttivät ”ulkopuolisen silmin” melko samankaltaisilta virallisten verkkosivujen perusteella. Useimpien yritysten sosiaalisen median profiilit eivät myöskään edustaneet samaa visuaalista ilmettä yrityksen ”virallisten” verkkosivujen kanssa ja eri foorumeiden profiilitkin olivat erilaisia keskenään. Yritysten kohderyhmänä olivat pääsääntöisesti 3D-tulostamisen ammattilaiset, yritykset ja harrastajat, joten yritysten useimpien verkkosivustot olivat melko hankalasti avautuvia sellaiselle, joka ei ole asiaan perehtynyt. Materiaalien ominaisuudet olivat pääosassa ja tietoa ympäristöystävällisyydestä ei välttämättä löydy, ellei omaa kohtalaisia tietoja materiaalien koostumuksesta ja 3D-tulostamisesta ylipäätään. Yritysten verkostoituminen oli sen sijaan hyvällä pohjalla alan harrastajien keskuudessa ja useimmat yritykset pyrkivätkin jakamaan tietoa materiaalien ominaisuuksista ja kehityksestä hyvin aikaisessa vaiheessa, täten luoden yhteisöllisyyttä ja yhdessä kehittämistä tuotteilleen. Silti ”ulkopuolisen silmin” yritysten julkikuva jäi hieman epäselväksi ja vaikutti lähinnä insinööreiltä insinööreille tehdyltä, missä keskiössä olivat materiaalin tekniset ominaisuudet, ei niinkään yrityksen visiot, arvot, autenttisuus ja erottautuminen.

Ainoa yritys, jonka brändiä oli mietitty läpi yrityksen, oli 3dom USA, joka profiloitui selkeästi ympäristöystävällisten tulostusmateriaalien valmistajaksi ja kehittäjäksi. Ympäristöystävällisyys oli kantava teema kaikissa yrityksen tuotteissa ja palveluissa. Pakkaukset, materiaalit ja visuaalinen ilme oli mietitty luomaan kuvaa yrityksen arvoista ja visiosta. Sosiaalinen media puhui yhtä kieltä yrityksen verkkosivujen kanssa ja onnistui siten paremmin myös yhteisöllisen tekemisen kuvaamisessa. Yrityksen slogan Build Better kuvasi osaltaan myöskin yrityksen arvomaailmaa ja lupausta.

7.3 Vertailtavien brändien benchmarking

Benchmarking on tehokas keino mitata ja kehittää tuotteen, yrityksen tai palvelun toimivuutta vertailemalla niitä kilpailijoihin tai alalla vaikuttaviin isoihin tekijöihin. (Niva, Tuominen 2011, 5.) Tässä opinnäytetyössä käytin benchmarking menetelmää brändin rakentamisen työkaluna hahmottamaan alalla toimivien kilpailijoiden brändäystä luonnonkuitumateriaalien osalta. Yleisen tarkastelun jälkeen valitsin vertailtavista brändeistä osa-alueita tarkempaan vertailuun, jotta sain selkeämmän kuvan biohajoavien 3D-tulostusmateriaalien brändäyksestä. Vertailua varten laadin kaavion (Kaavio 5), jossa on mukaillusti otettu osa-alueita Wheelerin brändin kuvaamisen mallista. Kaavion avulla selvitin, miten brändit viestivät biohajoavista tuotteistaan ja millä tavalla uusi biohajoavia materiaaleja valmistava yritys tulisi brändätä, jotta se löytäisi paikkansa markkinoilta ja pystyisi erottautumaan.

Vertailussa selvisi, että kaikkien yritysten visiot olivat kerrottuna ja selkeitä. Toki ainoastaan 3Dom USA:lla biohajoavien materiaalien kehitys oli erikseen mainittu yrityksen visiossa ja asiakaslupauksessa. Osalla yrityksistä ei ollut mitään mainintaa siitä, että valtaosa yrityksen valmistamista tuotteista oli biohajoavia. Tarkastelin yritysten johdonmukaisuutta materiaalien, pakkausten ja visuaalisen ilmeen osalta. Colorfabb ja 3Dom USA onnistuivat tässä parhaiten ja yritysten brändit vaikuttivat kaikilta osin selkeästi rakennetuilta kokonaisuuksilta. Viestintä-osiossa tarkastelin yritysten viestimistä asiakkailleen ja yhteistoimintaa. 3D-Fuelin ja Extrudrin viestintä vaikutti melko perinteiseltä push-viestinnältä, jossa vuorovaikutusta asiakkaiden kanssa ei juurikaan ollut. Colorfabb ja 3Dom USA sen sijaan vaikuttivat erittäin aktiivisilta ja vuorovaikutus ja yhteiskehittäminen olivat vahvassa osassa yrityksen brändiä. Molemmat yritykset olivat laajasti esillä sosiaalisessa mediassa ja blogien kautta jakoivat omaa ja muiden tietämystä aiheesta. Erikoistumis-osiossa tarkastelin, että onko brändeissä havaittavissa selkeää erikoistumista johonkin tiettyyn suuntaan alalla. Colorfabb oli yrityksistä suurin ja heillä oli laajin valikoima materiaaleja, joten selkeää

erikoistumista biohajoavien 3D-tulostusmateriaalien valmistajana ei ollut havaittavissa. Yritys vaikutti tekevän vähän kaikkea, vähän kaikille.

	Visio	Lupaus	Ympäristö	Johdonmukaisuus	Viestintä	Erikoistuminen
	X	X		X	↔	
	X	X			→	X
	X		X		→	X
	X	X	X	X	↔	X

Kaavio 5. Vertailukaavio yritysten brändeistä

7.4 Brändäyssuunnitelma 3D-tulostettavalle luonnonkuitumateriaalille

Laaditun benchmarking kaavion avulla pystyin hahmottamaan alalla olevien kilpailijoiden toimintaa ja positiota markkinoilla. Benchmarkingin avulla löytyi myös selkeitä kohtia, mihin panostaa uuden materiaalivalmistajan brändin rakennuksessa. Tämän avulla uuden yrityksen positio markkinoilla oli helpompaa hahmottaa ja siten tehostaa brändäyksen vaikutusta yritykseen.

Lähdin laatimaan brändäyssuunnitelmaa muotoilemalla brändin ytimen, jonka jälkeen hahmottelin brändin perusrakenteen, jossa on otettu huomioon vertailussa selvinneet seikat siitä, mihin asioihin brändin muotoilemisessa olisi hyvä keskittyä. Tämän jälkeen brändin rakennus jatkuu kehittämällä brändin persoona, kieli ja ilme. (Wheeler, 2009, 90-91.)

7.5 Brändin ydin

Brändin ytimen hahmottamiseen käytin jälleen Wheelerin brändin kuvaamisen mallia ja vertailututkimuksesta saatua näkemystä brändin erottautumiseen kilpailijoistaan (kuva 10).

VISIO

Laadukkaiden 3D-tulostettavien sellumateriaalien valmistaja ja kehittäjä. Selkeä visio ympäristöystävällisten tulostusmateriaalien valmistajana profiloi brändin erottautumaan kilpailijoistaan päämäärätietoisena toimijana ja uuden kehittäjänä.

TARKOITUS

Valmistaa materiaaleja uusiutuvista raaka-aineista ja edistää uuden teknologian ympäristöystävällisyyttä.

AUTENTTISUUS

Puu, metsä ja uusiutuvuus. Suomalainen metsä ja korkea teknologinen osaaminen ovat ainutlaatuinen yhdistelmä ja mahdollisuus, jossa luonto ja teknologia lyövät kättä kestäväällä tavalla.

JOHDONMUKAISUUS

Brändin vision, tarkoituksen ja autenttisuuden pitäisi näkyä koko brändin läpi, käyntikorteista pakkauksiin ja sähköisiin sovelluksiin. Yhtenäinen ilme antaa kuvan selkeästä visiosta.

ERIKOISTUMINEN

Vertailun brändeillä erikoistuminen oli melko heikosti näkyvillä ja tämän vuoksi selkeä viesti erikoistumisesta luonnonkuitumateriaaleihin on merkittävä tekijä uuden brändin sijoittumisessa markkinoille. Lisäksi CO-branding lisää brändin näkyvyyttä laajemmalle yleisölle.

JOUSTAVUUS

Uuden brändin pitäisi pystyä rakentamaan verkosto, jonka avulla kehitystyö menee eteenpäin myös asiakkaiden avulla. Tämä oli havaittavissa muutamilla vertailututkimuksen yrityksillä. Tiedon jakaminen auttaa vastavuoroisuuden kehittämisessä.

KESTÄVYYS

Ympäristötietoisuus tulisi näkyä kaikessa brändin toiminnassa. Tämä oli hyvin heikosti nähtävissä vertailututkimuksen brändeissä.

SITOUTUMINEN

Uuden brändin tulisi sitoutua toimimaan visiotaan vastaavalla tavalla.

ARVO

Laadukkaat ympäristöystävälliset materiaalit, palvelut ja verkostot.



Kuva 10. Luonnonkuitupohjaisen 3D-tulostusmateriaali brändin ydin.

7.6 Brändäyssuunnitelman tarkennus

Brändin ydintoimintojen kuvaamisen jälkeen jatkoin brändäyssuunnitelmaa tarkentamalla brändin strategiaa kuvailemalla kohderyhmää, visuaalisen ilmeen elementtejä ja viestintä-strategiaa sekä myyntikanavia.

Brändin kohderyhmänä on luonnollisesti 3D-tulostamisen ammattilaiset, yritykset ja harrastajat. Tarkempaa analyysia kohderyhmästä on syytä vielä tehdä brändäyksen edetessä, jotta viestintää ja markkinointia voi kohdentaa paremmin.

Visuaalisen ilmeen tulisi viestiä brändin visiosta ja autenttisuudesta. 3D-tulostamisen yleistyessä ja digitaalisten palveluiden kehittyessä sille tasolle, että alaan ja teknologiaan perehtymättömät pystyvät niitä hyödyntämään, brändin visuaalista ilmettä ja viestintää suunniteltaessa olisi hyvä pitää mielessä, että se on helposti ymmärrettävä muillekin kuin alan ammattilaisille ja harrastajille. Visuaalisen ilmeen tulisi olla myös johdonmukainen läpi brändin. Useimmilla analysoiduilla ja vertailuilla brändeillä visuaalinen ilme oli hyvin samankaltainen ja ”insinöörimäinen”, joka vaikutti pelkästään alan ammattilaisille ja innokkaille harrastajille suunnatulta. Ilme ja viestintä kannattaisi rakentaa mahdollisimman mielenkiintoiseksi myös sellaisille asiakkaille, jotka eivät välttämättä ole täysin perillä alasta ja tekniikasta.

Useimmilla vertailluilla brändeistä verkostoituminen ja yhteisöllinen kehittäminen olivat isossa osassa brändejä ja tuotekehitystä, joten yhteisön ja verkostojen luomiseen kannattaa panostaa jo brändin rakentamisen alkuvaiheessa. Yhteisöllisyyttä ja verkostoitumista varten kannattaa laatia selkeä sosiaalisen median strategia, jotta viestiminen olisi johdonmukaista ja saavuttaisi näkyvyyttä. Myyntikanavina tutkituilla yrityksillä olivat pääasiassa verkkomyynti, jälleenmyyjäverkosto ja suora yritykseltä yritykselle kauppa.

7.7 Palvelun brändääminen.

Luonnonkuitupohjaisia 3D-tulostusmateriaaleja hyödyntävän palvelun brändin ytimessä tulisi keskittyä pitkälti samankaltaisiin asioihin kuin materiaalin brändissä ja lisäksi huomioida hyvän asiakaspalvelukokemuksen tarpeet. Seuraavassa käyn lävitse samat luvussa 7.5 esitetyt brändin ytimen perusosat, 3D tulostettuja ortopedisiä apuvälineitä tarjoavan palvelun näkökulmasta.

VISIO

Visiossa tulisi käydä ilmi ajatus laadukkaiden ympäristöystävällisten tuotteiden ja palvelujen tarjoajasta. Brändi linkittyisi vahvasti yhteistyö-materiaalivalmistajan ekologiseen brändiin ja yhteiskehitykseen. Laadukkaat tuotteet sekä helppo ja joustava asiakaspalvelu.

TARKOITUS

Valmistaa ja kehittää ympäristöystävällisiä ortopedisiä ratkaisuja sekä helpottaa niiden hankintaa, uusinta teknologiaa hyödyntämällä.

AUTENTTISUUS

Autenttisuus voisi ilmetä samalla tavoin, kuin materiaalin kohdalla eli luonnollinen ja uusiutuva materiaali kohtaa korkean teknologisen osaamisen. Hankinnan vaivattomuus verrattuna tavanomaisiin menetelmiin. Digitaalisen tietokannan ylläpito seuraavien hankintojen helpottamiseksi.

JOHDONMUKAISUUS

Arvot, tarkoitus ja autenttisuus samalla tavoin läpi brändin näkyville kuten materiaalissa.

ERIKOISTUMINEN

Erikoistuminen luonnonkuitumateriaaleihin ja 3D-tulostus teknologiaan luo brändistä positiivista ympäristömyönteistä kuvaa ja auttaa erottautumaan kilpailijoista. CO-branding materiaalivalmistajan kanssa lisää brändin näkyvyyttä.

JOUSTAVUUS

Samalla tavalla kuin materiaalin brändäämisessä, vahvan yhteistyö- ja sosiaalisen median verkoston luominen helpottaa palvelun ja tuotteiden kehitystä sekä osallistaa palvelun käyttäjät kehitykseen. Digitaalisen

tietokannan tuomat edut seuraavien hankintojen tekemiseen ja tuotteiden muokkaamiseen.

KESTÄVYYS

Ympäristötietoisuus ja vastuu pitäisi näkyä selkeästi brändin arvoissa ja toiminnassa.

SITOUTUMINEN

Uuden brändin tulisi sitoutua toimimaan visiotaan vastaavalla tavalla.

ARVO

Laadukkaat ympäristöystävälliset tuotteet, palvelut ja verkostot.

8 YHTEENVETO

Luonnonkuitumateriaalien 3D-tulostamisen mahdollisuuksien selvittäminen oli opinnäytetyön aiheena haastava, sillä niin 3D-tulostamisen ja siihen liittyvän digitaalisen toimintaympäristön, brändäämisen kuin uuden kehitettävän materiaalin tuotesoveltuvuuden hahmottaminen olivat laajoja kokonaisuuksia. Jokainen osa-alue oli kuitenkin osaltaan yhtä tärkeä kokonaisuuden hahmottamisen kannalta. Tässä luvussa käyn lävitse jokaisesta opinnäytetyössä käsitellystä osa-alueesta mielestäni tärkeimmät huomiot luonnonkuitujen 3D-tulostamisen mahdollisuuksien selventämiseksi.

8.1 AM-teknologia ja digitaaliset palvelut

3D-tulostuslaitteiden ja digitaalisten palveluiden nopea kehitys tulee tulevaisuudessa vaikuttamaan siihen, miten tavaroita hankitaan. Viitteitä tähän suuntaan menemisestä on jo selkeästi näkyvillä. Esimerkiksi United Parcel Service (UPS), maailman suurin lähettiyritys, kehittää USA:ssa 3D-tulostusverkostoa, jonka tavoitteena on yhdistää on-demand 3D-tulostuspalvelun avulla tuotantolaitokset, varastointi ja lähetyspalvelut yhdeksi lähellä sijaitsevaksi kokonaisuudeksi. Esimerkiksi varaosien varastointikuluja on mahdollista pienentää merkittävästi 3D-tulostamislaitosten tarjoaman on-demand valmistamisen avulla. (UPS, 2016.) Lisäksi laaja tulostuslaiteverkosto vähentää tavaroiden kuljetuksista aiheutuvia kuluja, koska tuote voidaan valmistaa mahdollisimman lähellä asiakasta.

Tuotteiden personointi ja kustomointi helpottuvat 3D-skannaamisen ja mallinnussovellusten kehityksen myötä. Yksilöllisten tuotteiden, kuten ortopedisten tuotteiden valmistus nopeutuu 3D-skannauksen ja –tulostuksen avulla. Erilaiset kehon mallintamisen keinot 3D-laserskannaamisen lisäksi, kuten mobiililaitteiden kameratekniikkaa hyväksi käyttävät sovellukset helpottavat 3D-tekniikoihin perehtymättömille, digitaalisen toimintaympäristön omaksumista. Kehon digitaalinen malli mahdollistaa monia sovelluksia vaatteiden, asusteiden ja personoitujen

apuvälineiden hankintaan. Sen lisäksi, että asiakas voi digitaalisen kehon mallin avulla hankkia verkosta sopivia varusteita, valmistajilla on mahdollisuus hyödyntää todellisia mittaustuloksia esimerkiksi vaatteiden ja kenkien mitoitusien suunnittelussa. (Cilley 2016.)

8.2 Luonnonkuitumateriaalit 3D-tulostuksessa

Kuten luvun 4 selvityksestä käy ilmi, vaihtoehtoja luonnonkuitujen käyttämiseksi 3D-tulostusmateriaaleissa on paljon. Se missä muodossa luonnonkuidut ovat ja mihin sideaineeseen ne ovat sekoitettu vaikuttavat materiaalin ulkonäöllisiin- ja toiminnallisiin ominaisuuksiin. Materiaalin kehityksen kannalta on oleellista selvittää, minkälaisiin tuotteisiin luonnonkuitupohjaiset materiaalit voisi soveltua ja siihen tämä opinnäytetyö pyrki vastaamaan.

Luonnonkuiduilla on mahdollista jäykistää materiaalia tai saada materiaalin ulkonäöstä luonnollinen, kuten puun kaltainen. Lisäksi luonnonkuitujen avulla voidaan vähentää öljypohjaisten polymeerien käyttöä sideaineina tai parantaa kasvipohjaisten polymeerien maatumuutta. Heikkoutena luonnonkuitukomposiiteilla on se, että niiden kierrätys- ja uudelleen käyttömahdollisuudet ovat tällä hetkellä heikot, vaikka tutkimusta aiheesta on tehty ja on todettu, että se on mahdollista etenkin PLA:n kohdalla. Yhteiskunnasta puuttuu tällä hetkellä järjestelmä luonnonkuitukomposiittien kierrätykseen. Lisäksi luonnonkuidut voivat vaurioitua uudelleen prosessoinnissa ja komposiittimateriaalia ei voi myöskään kierrättää ”puhtaiden” polymeerien kanssa. Toisaalta, jos komposiittimateriaali voidaan valmistaa kokonaan esimerkiksi puupohjaisista raaka-aineista, kiertotalouden mahdollisuudet voivat olla paremmat. Nanosellun potentiaali tulevaisuuden materiaalina on mielenkiintoinen, sillä sen teoreettiset ominaisuudet, kuten lujuus ovat lupaavia.

Luonnonkuitumateriaalin tuotesoveltuvuutta ja mahdollisuuksia selvitettiin monialaisen seminaarin ja työpajatoiminnan avulla. Työpajojen tuloksina syntyneissä sovelluskohteissa avainsanana oli yksilöitävyys ja

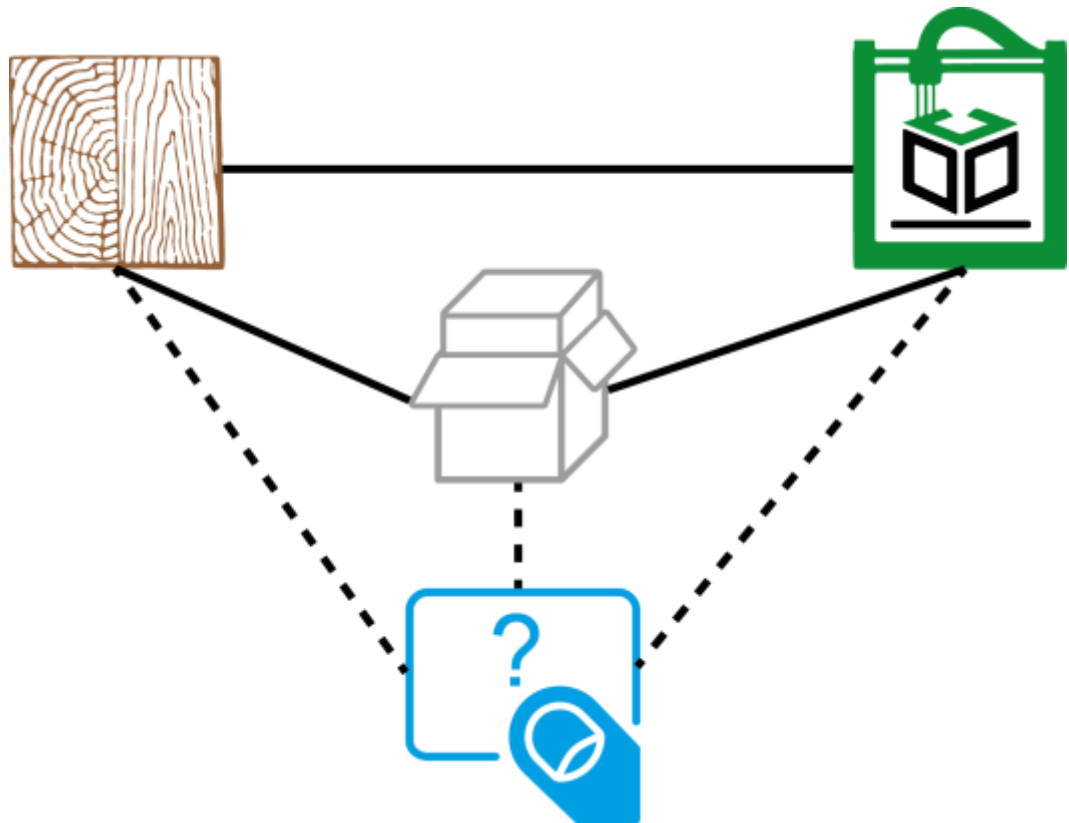
mittatilaustuotteet. Työpajan aivoriihessä pohdittiin esimerkiksi ortopedisten tuotteiden valmistamista luonnonkuitulujitteisesta materiaalista. Tämä sovellus nojaisi luonnonkuiduilla saavutettavaan jäykkään rakenteeseen sekä kertakäyttöluontoisena ja kehoa vasten tulevana ratkaisuna. Mielikuvaltaan puhdas, maatuva luonnonmateriaalista valmistettu tuote voisi olla miellyttävä. Työpajassa kehitettiin myöskin liiketoimintasuunnitelma kustomoitavista ajoneuvojen sisustuselementeistä. Puunkaltaisilla 3D-tulostetuilla kustomointi-elementeillä voisi lisätä ajoneuvon sisustuksen persoonallisuutta ja arvokkuutta. Erityisergonomisia ratkaisuja varten luonnonkuituvahvistettu materiaali voisi sopia myös.

8.3 3D-tulostetun luonnonkuitumateriaalin ympärille rakentuvan palvelun kokonaisuus.

3D-tulostetusta luonnonkuitupohjaisesta materiaalista valmistettavan tuotteen ympärille pitää muodostaa verkosto (Kuva 11), jossa toimijoina olisi luonnonkuitukomposiitti 3D-tulostusmateriaalien valmistaja ja luonnonkuitumateriaalien tulostamiseen erikoistunut 3D-tulostusyritys (NoMa-hankkeessa mukana olevat yritykset) sekä palvelun tarjoaja, jota kautta tuotteita voi hankkia ja muokata asiakkaan tarpeiden mukaiseksi.

Kustomointien, jotka eivät tarvitse kehon mittaamista tai muuten asiantuntijan apua, kuten ajoneuvojen kustomoitujen sisustuselementtien kohdalla hankkiminen ja muokkaaminen voisi olla mahdollista helpon selainpohjaisen palvelun avulla, kuten luvussa 6 mainitussa Thingiversen kaltaisissa palveluissa. Kehon mallintamista ja asiantuntijoiden apua käyttävien palveluiden rakentaminen kuten ortopedisten tuotteiden, vaatisi tarkemmin palvelumuotoilun keinoin perehtymistä suunniteltavan palvelun sidosryhmiin eli asiakkaisiin, asiantuntijoihin sekä palveluntarjoajiin. Palvelun avulla on mielestäni mahdollista vähentää mittatilaustyönä tehtävien ratkaisujen käsintehdystä työstä aiheutuvia kuluja sekä nopeuttaa valmistusprosessia.

Mielestäni luonnonkuitupohjaista 3D-tulostusmateriaalista valmistettavien tuotteiden ja palveluiden mahdollisuuksista voisi syntyä uusia yrityksiä ja yhteistoiminnan ja CO-brändäämisen avulla materiaalille, tuotteille ja palveluille saisi mahdollisimman paljon näkyvyyttä. Vahva verkosto materiaalivalmistajan, 3D-tulostusyritysten ja palveluntarjoajien välillä vahvistaisi sijoittumista markkinoille.



Kuva 11. Luonnonkuitupohjaisen 3D-tulostusmateriaalin ympärille rakentuva palvelukokonaisuus.

Materiaalien ja palveluiden brändäämisessä tulisi mielestäni korostaa materiaalin uusiutuvuutta, ympäristöystävällisyyttä sekä 3D-teknologian ja digitaalisten palveluiden tuomia etuja tuotteiden personointiin ja muokkaamiseen. Oli kyse materiaalin, 3D-tulostuksen tai niihin liittyvän palvelun brändäämisestä, tulisi mielestäni ottaa huomioon alan nopea kehitys siten, että tulevaisuudessa palveluita käyttävät muutkin kuin alan ammattilaiset ja yritykset. Palvelumuotoilun avulla pystyy luomaan käyttäjäystävällisiä palvelukokonaisuuksia.

8.4 Pohdinta opinnäytetyön prosessista

Ennen tämän opinnäytetyön tekemistä, olin muotoilijan työssäni käyttänyt 3D-tulostamista työkaluna prototyyppien valmistamiseen. Siten olen päässyt seuraamaan alan kehitystä, joskin hieman sivusta, mutta tarpeeksi läheltä, jotta kiinnostuin teknologian tuotannollisista mahdollisuuksista tulevaisuudessa. Mahdollisuus tehdä opinnäytetyö NoMa-hankeelle uusien, ympäristöystävällisten materiaalien 3D-tulostamisesta, oli mielestäni mielenkiintoinen mahdollisuus päästä selvittämään tarkemmin teknologian kehittymistä sekä sen mahdollisuuksia.

Luonnonkuitujen 3D-tulostamisen tutkimus oli NoMa-hankkeessa opinnäytetyötä tehdessäni vielä alussa ja sen vuoksi kenties haastavimmaksi osioksi tässä työssä muodostui materiaalin ominaisuuksien hahmottaminen. Toisaalta se, että NoMa-hankkeessa kehitettäviä materiaaleja ei vielä oltu päästy testaamaan kunnolla, pakotti minut muotoilijana pyrkimään hahmottamaan asiaa laajempänä kokonaisuutena.

Luonnonkuitujen 3D-tulostamisen mahdollisuudet oli opinnäytetyön aiheena erittäin laaja ja sen vuoksi aihepiirien käsittely jäi osittain pintapuoliseksi. Toisaalta henkilökohtainen tavoitteeni oli hahmottaa 3D-tulostaminen kokonaisuutena, johon liittyy materiaalin tuntemus, digitaalisen toimintaympäristön ymmärtäminen ja niiden ympärille rakentuvien palveluiden ja brändin rakentamisen kokonaisuus.

Toivon tämän opinnäytetyön antaneen kokonaiskuvan luonnonkuitujen 3D-tulostamisen mahdollisuuksista, joka helpottaa uusien palvelujen ja tuotealueiden kehittämistä jatkossa. Tuotemuotoilussa, 3D-tulostettavien luonnokuitumateriaalien käytön tutkimista olisi hyvä jatkaa materiaalikehityksen kohdentamiseksi. Nanosellun ja kokonaan puupohjaisten materiaalien potentiaali on mielestäni erittäin mielenkiintoinen aihe jatkotutkimukselle. Luonnonkuitujen 3D-tulostamiseen liittyvän digitaalisen toimintaympäristön palvelujen

tutkiminen ja kehittäminen palvelumuotoilun avulla sopisi myös hyvin jatkoksi tälle opinnäytetyölle.

LÄHTEET

Airbus. 2015. Airbus Defence and Space optimising components using 3D printing for new Eurostar E3000 satellite platforms. [Viitattu 31.5.2016] <https://airbusdefenceandspace.com/newsroom/news-and-features/airbus-defence-and-space-optimising-components-using-3d-printing-for-new-eurostar-e3000-satellite-platforms/>

Basiliere, Pete. 2015. 3D Printer Market Sales Will Exceed \$14.6 billion in 2019. [Viitattu 14.6.2016.] <http://blogs.gartner.com/pete-basiliere/2015/09/29/3d-printer-market-sales-will-exceed-14-6-billion-in-2019/>,

Bionomicfuel. 2016. Corn Starch Plastic – The 7 Advantages and Disadvantages of its Use. [Viitattu 8.6.2016] <http://www.bionomicfuel.com/corn-starch-plastic-the-advantages-and-disadvantages/>

Bodylabs. 2016. Kehon skannaamistekniikoita. [Viitattu 14.7.2016] <https://www.bodylabs.com/technology/>,

BSR. 2015. 3-D Printing Sustainability Opportunities and Challenges [Viitattu 18.7.2016] <http://www.bsr.org/reports/BSR-Report-3D-Printing-Sustainability-Opportunities-Challenges-2015.pdf>

Cilley, Jon. 2016. How to Use 3D Body Imaging to Innovate In the Apparel or Footwear Industry. [Viitattu 24.6.2016] https://www.youtube.com/watch?v=GzR6mAqz_2E

Colorfabb. 2016. 3D-tulostusmateriaalien ominaisuuksia. [Viitattu 7.6.2016] <http://colorfabb.com>

Curedale, Robert, A. 2013, 50 Brainstorming Methods: for team and individual ideation, Design Community College Inc. Topanga

Grunewald, Scott, J. 2015. Make Your Own 3D Printer Filament by Building Your Own Filament Extruder. [Viitattu 8.6.2016]

<https://3dprint.com/56759/diy-filastruder-instructables/>,

Hall, Nick. 2016. 3D printing can revive local manufacturing, but will it?

[Viitattu 1.6.2016] <http://3dprintingindustry.com/news/3d-printing-can-revive-local-manufacturing-will-80798/>

Hausman, K. K.; Horne, R. 2014. *3D Printing for Dummies*. Wiley.

iMaterialise. 2016. SLS-tulostettua puumateriaalia. [Viitattu 7.6.2016]

<https://i.materialise.com/3d-printing-materials/wood>,

Kylau, Uwe; Goerlich, Kai; Mitchell, Robert; 2015. How 3D Printing Will Disrupt Manufacturing. [Viitattu 20.7.2016]

<http://www.digitalistmag.com/executive-research/how-3d-printing-will-disrupt-manufacturing>,

Kälviäinen, Mirja. 2005. Luonnonkuitukomposiitti: Kilpailuetua materiaalista ja muotoilusta. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu D'ART Muotoilun palvelukeskus. Joensuu.

Lai, Kee-hung; Cheng, 2009 T.C.E., Just-in-Time Logistics, Gower Publishing limited. England

Lennon, Lisa; Eade, Lauren; Smyth, Anna. 2016. 3D Printing: Design Revolution or Intellectual Property Nightmare. [Viitattu 15.7.2016]

<https://www.gtlaw.com.au/?q=file/8456/download&token=cnC-66w3>

Lipson, Hod; Kurdman, Melba, 2013, Fabricated : The New World of 3D Printing, John Wiley & Sons, New York

Mavroidis, Constantinos; Ranky, Richard G; Sivak, Mark L; Patriitti, Benjamin L; DiPisa, Joseph; Caddle, Alyssa; Gilhooly, Kara; Govoni, Lauren; Sivak, Seth; Lancia, Michael; Drillio, Robert; Bonato, Paolo. 2011. Patient specific ankle-foot orthoses using rapid prototyping, Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation. [Viitattu 13.7.2016]

<http://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/1743-0003-8-1>,

Murray, Bethany. 2013. Embedding environmental sustainability in product design [Viitattu 19.7.2016]

<http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/Embedding%20sustainability%20in%20design%20-%20final%20v1.pdf>

Ojasalo, Kirsi; Moilanen, Teemu; Ritalahti, Jarmo, 2014, Kehittämistyön menetelmät: Uudenlaista osaamista liiketoimintaan, Sanoma Pro Oy, Helsinki

Pîrjan, Alexandru; Petroşanu, Dana-Mihaela. 2013. The Impact of 3D Printing Technology on the Society and Economy. [Viitattu 20.7.2016]

<ftp://ftp.repec.org/opt/ReDIF/RePEc/rau/jisomg/Wi13/JISOM-Wi13-A19.pdf>,

Rayna, Thierry; Striukova, Ludmila. 2015. From rapid prototyping to home fabrication: How 3D printing is changing business model innovation, Elsevier inc. [Viitattu 5.7.2016]

<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2015.07.023> ,

Schneider, Jakob; Stickdorn, Marc. 2013. Customer Journey Canvas. [Viitattu 7.7.2016]

http://files.thisisservice.designthinking.com/tisdt_cujoca.pdf

Schneider, Jakob; Stickdorn, Marc 2013, This is Service Design Thinking, BIS Publishers. Amsterdam

Sculpteo, 2016. FDM vs. SLS 3D Printing - What They Mean and When to Use Them. [Viitattu 3.6.2016]

<https://www.sculpteo.com/en/3d-printing/fdm-vs-sls-3d-printing-technologies/>

Shapeways. 2016. [Viitattu 14.7.2016] <http://www.shapeways.com>

Sher, Davide. 2015. Materialise to Launch Laser Sintered Wood 3D Printing. [Viitattu 8.6.2016]

<http://3dprintingindustry.com/news/materialise-to-launch-laser-sintered-wood-3d-printing-50445/>

Stratasys. 2016. Stratasys Collaborates With Daihatsu to Create Customizable Effect Skins. [Viitattu 13.7.2016]

<http://www.stratasys.com/resources/case-studies/automotive/~media/B2FE0CAB7E504235B7BFC4BA0B7E568F.a shx>

Thingiverse. 2016. [Viitattu 14.7.2016] <https://www.thingiverse.com>

UPS. 2016. UPS To Launch On-Demand 3D Printing Manufacturing Network. [Viitattu 26.7.2016]
<https://pressroom.ups.com/pressroom/ContentDetailsViewer.page?ConceptType=PressReleases&id=1463510444185-310>

VTT. 2016. Pk-yritykset vauhdittavat uusien kuitutuotteiden kehitystä VTT:n ja Lahden ammattikorkeakoulun kanssa [Viitattu 20.6.2016]
<http://www.vtt.fi/medialle/uutiset/pk-yritykset-vauhdittavat-uusien-kuitutuotteiden-kehitysta-vtt-n-ja-lahden-ammattikorkeakoulun-kanssa>.

Wikipedia. 2016. Komposiitti. [Viitattu 7.6.2016]
<https://fi.wikipedia.org/wiki/Komposiitti>

Wheeler, Alina 2009, Designing brand identity: an essential guide for the entire branding team, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.

Zonder, Lior; Sella, Nadav. 2013, Precision prototyping: the role of 3D printed molds in the injection molding industry, Stratasys Inc, [Viitattu, 5.7.2016]
<http://www.stratasys.com/resources/~media/B828788EF394436DB11BEB5209B2D22C.pdf>

3Ders. 2013. Wood filament LAYWOO-D3 suppliers and price compare. [Viitattu 10.6.2016] <http://www.3ders.org/articles/20130204-wood-filament-laywoo-d3-suppliers-and-price-compare.html>

3DFuel, 2016. Luonnonkuitumateriaaleja. [Viitattu 7.6.2016]
<https://3dfuel.com>

3DHubs. 2016. [Viitattu 14.7.2016] <https://www.3dhubs.com>

3DomUSA. 2016. [Viitattu 23.3.2016] <http://www.3domusa.com>

Kuvissa ja kaavioissa käytetyt ikonit, <https://thenounproject.com>:



Created by Amy Schwartz
From the Noun Project



Created by Creative Stall
from the Noun Project



Created by Martin Vanco
from the Noun Project



Created by Oliviu Stoian
from the Noun Project



Created by Fellipe Camara
from the Noun Project



Created by Vectors Market
from the Noun Project



Created by Michael Senkow
from the Noun Project



Created by Brian Ejar
from the Noun Project